



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

AR-TEKNIIKAN HYÖDYNTÄMINEN KIINTEISTÖHUOLLOSSA

TEKIJÄ: Henri Mäkinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Henri Mäkinen			
Työn nimi AR-tekniikan hyödyntäminen kiinteistöhuollossa			
Päiväys	20.05.2020	Sivumäärä/Liitteet	40
Ohjaajat Heikki Laininen, Mikko Pääkkönen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani AH-Talotekniikka (AH Elens Oy)			
<p>Tiivistelmä</p> <p>AR-tekniikan ulottuvuudet luovat lähes rajattomasti mahdollisuuksia ja tämä on havaittavissa muun muassa tekniikan alan uusimmissa innovaatioissa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää lisätyn todellisuuden tuomia mahdollisuuksia kiinteistöhuollossa sekä tarkastella aiheesta tällä hetkellä löytyviä ratkaisuja.</p> <p>Työssä käsiteltiin laajennetun todellisuuden eri lajeja, kuten virtuaalista todellisuutta, lisättyä virtuaalisuutta sekä lisättyä todellisuutta. Tämän lisäksi työssä esiteltiin markkinoilta löytyviä laitteita, joita voidaan käyttää kiinteistöhuollossa lisättyä todellisuutta hyödyntäen. Työssä tarkasteltiin myös, miten ennakoiva kunnossapito ja huoltokirjan olemassaolo sekä tähän perustuva kiinteistöhuolto tukevat kiinteistön kunnan ylläpitoa ja näin ollen myös sen arvon säilymistä. Huoltokirjan osalta opinnäytetyössä käsiteltiin joidenkin sähkö- ja telejärjestelmien huolto- ja kunnossapito-ohjeiden tavoitteita sekä vaatimuksia.</p> <p>Viimeiseksi työssä pohdittiin, miten lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää kiinteistöhuollossa sekä sitä, minkälaisia kiinteistöstä saatavia tietoja voidaan käyttää huoltoon liittyvissä sovelluksissa. Käytännön näkökulmasta aihe sijoittuu toistaiseksi tulevaisuuteen, sillä kiinteistöhuollon sovelluksia ei vielä tällä hetkellä löydy merkittävässä määrin tarpeellisten laitteiden ja sovellusten vähäisyyden vuoksi.</p>			
Avainsanat Lisätty todellisuus, huolto ja kunnossapito			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Henri Mäkinen			
Title of Thesis Utilization of Augmented Reality in Property Maintenance			
Date	20 May 2020	Pages/Appendices	40
Supervisor(s)			
Client Organisation /Partners AH Elens Oy / AH-Talotekniikka			
<p>Abstract</p> <p>Dimensions of the AR technology create almost infinite amount of possibilities which can be seen in the latest innovations of this branch of technology. The purpose of this thesis was to find out the possibilities of augmented reality in the property maintenance and the current applications in the field maintenance.</p> <p>The possibilities were evaluated by investigating various aspects of the two main subjects, extended reality and property maintenance and servicing. This thesis was a literature survey and almost all of the research material was gathered from online. No reviews were made.</p> <p>As a result of thesis, there are considerations on how augmented reality could be utilized in the property maintenance from the aspect of software and what kind of data from automation could be used in it. At the moment there are a few to none applications because of the lack of suitable devices and software but in the future augmented reality will play a big part in the society. Studies have shown that there are many jobs in which efficiency and profitability could be improved with augmented reality including the field of maintenance.</p>			
Keywords augmented reality, maintenance and servicing			

ESIPUHE

Kiitos AH-Talotekniikalle tämän opinnäytetyön mahdollistamisesta. Erityiskiitokset AH-Talotekniikan Pekka Aholle, Mika Tossavaiselle, Antti Kanaojalle sekä Sanna Räsäselle yhteistyöstä ja näkökulmista. Kiitos myös Savonia-ammattikorkeakoulun Heikki Lainiselle ohjauksesta.

Suurimmat kiitokset kuitenkin kuuluvat vaimolleni Julia Mäkiselle kaikesta tuesta ja avusta koko opintojeni ja erityisesti opinnäytetyöni aikana. Saat esiin parhaat puoleni niin miehenä kuin kirjoittajanakin.

Kuopiossa,
18.05.2020
Henri Mäkinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	KIINTEISTÖHUOLTO JA KUNNOSSAPITO	9
2.1	Ennakoiva kunnossapito	10
2.2	Huoltokirjan sisältö	11
2.3	Sähköturvallisuuslain vaikutus huolto-ohjelmaan	12
2.4	Määräaikaistarkastukset	13
2.5	LVIA-laitteistojen huolto ja kunnossapito	14
2.5.1	Moottorikäytöt	15
2.5.2	Automaatiojärjestelmät.....	16
2.6	Sähkölaitteistojen huolto ja kunnossapito	17
2.6.1	Akusto.....	18
2.6.2	Keskukset.....	19
2.6.3	Telejärjestelmät	20
2.6.4	Valaistusjärjestelmät	24
2.6.5	Varavoimalaitteistot.....	24
3	LAAJENNETTU TODELLISUUS	26
3.1	Virtuaalinen todellisuus	26
3.2	Yhdistetty todellisuus	27
3.2.1	Lisätty todellisuus.....	27
3.2.2	Lisätty virtuaalisuus.....	28
3.2.3	Laitteet ja triggerit	29
3.3	Yhdistetyn todellisuuden yleiset hyödyntämismahdollisuudet	30
3.4	Yhdistetyn todellisuuden tämänhetkiset tekniset ratkaisut	31
4	LISÄTTY TODELLISUUS KIINTEISTÖN KÄYTÖSSÄ, HUOLLOSSA JA KUNNOSSAPIDOSSA	33
4.1	Kiinteistön kunnan ja sen käytön seuranta olosuhteiden perusteella	33
4.2	Lisätyn todellisuuden sovellus	34
5	YHTEENVETO.....	36
6	LÄHDELUETTELO.....	37

KÄSITTEET

AR – Augmented Reality, Lisätty todellisuus

AV – Augmented Virtuality, Lisätty virtuaalisuus

BACnet – Building Automation and Control networks, Rakennusautomaatio- ja käyttöjärjestelmät

BIM – Building information modeling, Rakennuksen tietomalli

CO₂ – Carbon dioxide, Hiilidioksidi

DALI – Digital Addressable Lighting Interface, Digitaalinen valaistuksen ohjausväylä

FIVR – Finnish Virtual Reality Association, Suomalainen virtuaalitodellisuuden yhdistys

GDPR – General Data Protection Regulation, Yleinen tietosuoja-asetus

HMD – Head Mounted Display, Päässä pidettävä näyttö

IDC – International Data Corporation, Kansainvälinen markkinoiden analysointiyhtiö

IV – Ilmanvaihto

KNX – Avoimen väylätekniikan laitestandardi

LVIA – Lämmitys-, vesijohto-, ilmanvaihto- ja automaatiotekniikka

MR – Mixed Reality, Yhdistetty todellisuus

NiCd – Nikkeli-kadmium

PLC – Programmable Logic Controller, Ohjelmoitava logiikka automaatioprosessien ohjaukseen

PTS – Pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma

QR-koodi – Quick Response code, Ruutukoodi

RAID – Redundant Array of Independent Disks, Vikasietoisuutta parantamaan kehitetty kiintolevyjen hallintajärjestelmä

RAKLI – Kiinteistöalan yhteistyöjärjestö

VOC – Volatile organic compound, Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

VR – Virtual Reality, Virtuaalitodellisuus

XR – Extended Reality, Laajennettu todellisuus

1 JOHDANTO

Laajennettu todellisuus on murroksen edessä ja uusia laitteita sekä ratkaisuja valmistuu yksi toisensa jälkeen. Tulevaisuudessa lisätty todellisuus tulee olemaan kirjaimellisesti käsissämme ja kasvoillamme tekniikan kehittyessä ja laitekokojen pienentyessä. Nykyisin suurimmalla osalla suomalaisista löytyy taskustaan älypuhelin, joka mahdollistaa lisätyn todellisuuden hyödyntämisen. 2000-luvulla teknologian kehitys on ottanut suuria harppauksia mahdollistaen nopeat tietoliikenneyhteydet sekä laitteiden suuret laskentatehot, joita vaaditaan tulevaisuuden interaktiiviseen elämäntapaan. Laajennettu todellisuus on nykyään suuri trendi erilaisten sovellusten, erityisesti pelien, vuoksi. Vuonna 2016 julkaistu peli Pokémon Go jalkauttaa yhä tuhansia suomalaisia ja miljoonia ihmisiä ympäri maailmaa nauttimaan raittiista ulkoilmasta.

Kiinteistöjen huollossa ja dokumentoinnissa laajennetulla todellisuudella on suuri potentiaali perinteisten paperisten ohjeiden korvaajana. Lisätyn todellisuuden käytännön mahdollisuudet kiinteistöhuollon mullistamiseen liittyvät vahvasti etäyhteyksimahdollisuuksiin huoltotilanteissa sekä kiinteistöistä saataviin mittausdatoihin ja niiden hyödyntämiseen huoltokierroksilla. Kiinteistöissä on laaja valikoima erilaisia mittausantureita, jotka keräävät dataa sen olosuhteista. Tätä tietoa käyttämällä voidaan edistää ennakoivaa huoltoa hyödyntämällä laitteelta saatavaa käyttötuntien määrää. Taulukossa 1 käsitellään lisätyn todellisuuden vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia.

Taulukko 1. SWOT-analyysi lisätystä todellisuudesta

Vahvuudet: <ul style="list-style-type: none"> - Käytännöllisyys - Sovellusten hyödyllisyys - Tiedon keskitys yhteen paikkaan - Visualisointi ja raportointi 	Heikkoudet: <ul style="list-style-type: none"> - Laitteistojen ja ohjelmien kehittymättömyys - Vaativaan käyttöön tarkoitettujen laitteistojen hinta
Mahdollisuudet: <ul style="list-style-type: none"> - Sovellusmahdollisuuksien laajuus - Tiedon yhdistettävyyys - Rakennusautomaation liitettävyyys 	Uhat: <ul style="list-style-type: none"> - GDPR:n vaatimukset - Datan käytön rajoitukset - Kilpailu

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua kiinteistöhuoltoon ja sen nykyisiin ratkaisuihin sekä AR-tekniikkaan ja näiden yhdistämisen tuomiin mahdollisuuksiin kiinteistön huollossa ja käytössä. Työssä sivutaan huoltokirjan sisältöä ja sen laadintaa sekä sähköturvallisuuslain vaatimuksia määräaikaishuoltoihin, laitteistoluokkiin ja kiinteistönhaltijan vastuisiin liittyen. Opinnäytetyön aikana oli tarkoitus toteuttaa myös pilottikohde lisätyn todellisuuden sovelluksesta, mutta neuvotteluiden pitkittyessä tämä täytyi jättää opinnäytetyön ulkopuolelle.

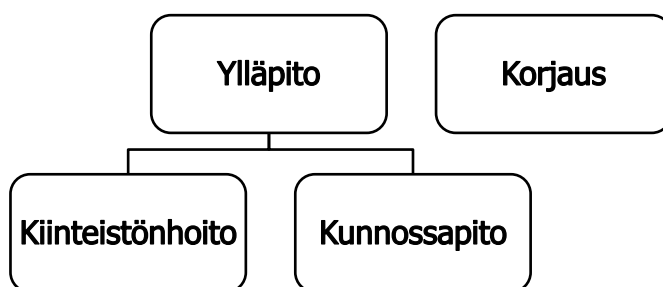
Ensimmäisenä työssä käsitellään kiinteistöhuoltoa ja kunnossapitoa. Luvussa 2 tarkasteltavia asioita ovat muun muassa ennakoivan kunnossapidon tärkeys, huoltokirjan ja kunnossapitosuunnitelman vaikutukset kiinteistön arvon säilymiseen sekä erilaisten laitteistojen huoltovälit. Seuraavaksi työssä käsitellään laajennettua todellisuutta ja sen alalajeja, joita ovat virtuaalitodellisuus, lisätty virtuaaliuus sekä lisätty todellisuus. Luku 3 keskittyy erityisesti lisättyyn todellisuuteen ja sen erilaisiin sovelluksiin. Opinnäytetyön luvussa 4 pohditaan esimerkiksi sitä, miten lisättyä todellisuutta voitaisiin hyödyntää nykyisessä rakennusinfrastruktuurissa ja huoltotöihin toimivien sovellusten luomisessa.

Lopussa on koottuna yhteenveto opinnäytetyöstä. Se sisältää esimerkiksi pohdintaa AR-tekniikan mahdollisuuksista ja sen kehitystä hidastavista tekijöistä sekä aiheesta oppimistani asioista.

2 KIINTEISTÖHUOLTO JA KUNNOSSAPITO

Kappaleessa käytetään kiinteistöhuollon sijaan termiä kiinteistönhoito, koska tämä sisältää Suomen rakentamismääräyskokoelman julkaisun A4 sekä RAKLI:n julkaisun ”kiinteistöliiketoiminnan sanasto” mukaisesti niin huollon kuin tarkastuksenkin. (Sähkötieto ry, 2002)

Kiinteistön kunnon, käyttöominaisuuksien ja arvon säilyttämiseksi tulee sitä ylläpitää ja korjata säännöllisesti. Ylläpito voidaan jakaa vielä kahteen alalajiin; kiinteistönhoitoon ja kunnossapitoon (kuva 1). (Ympäristöministeriö, 2016)



Kuva 1. Kiinteistönhoito ja kunnossapito (Ympäristöministeriö, 2016)

Käyttö- ja huolto-ohje, joka tunnetaan myös nimellä huoltokirja, on hyvä apuväline kiinteistön ylläpito- ja korjaushuollossa. Käyttö- ja huolto-ohje on kohdekohtainen kiinteistölle laadittu asiakirja, joka sisältää kiinteistön perustietojen lisäksi tämän ylläpitoon liittyviä ohjeita, tavoitteita ja seuranta-tietoja. (Ympäristöministeriö, 2016)

Rakennuslain luvussa 17 momentissa 117 i § määrätään, että sellaiselle rakennukselle, jota käytetään pysyvään asumiseen tai työskentelyyn, on laadittava käyttö- ja huolto-ohje. Kyseinen asiakirja on laadittava myös rakennuksen korjaus- ja muutostyössä silloin, kun toimenpide edellyttää rakennuslupaa. Myös rakennusta varten tarvittavalle rakennuspaikalle ja tontin tekniseen hoitoon sekä kunnossapitoon on laadittava käyttö- ja huolto-ohje. (Ympäristöministeriö, 2000)

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään huolto-ohjeen sisältö seuraavasti:

”Käyttö- ja huolto-ohjeen tulee sisältää rakennuksen käyttötarkoitus ja rakennuksen ominaisuudet sekä rakennuksen ja sen rakennusosien ja laitteiden suunniteltu käyttöikä huomioon ottaen tarvittavat tiedot rakennuksen asianmukaista käyttöä ja kunnossapitovelvollisuudesta huolehtimista varten.” (Ympäristöministeriö, 2000)

Rakennuksen kunnon jatkuvat seuranta- ja toimenpiteet sekä korjaustarpeiden selvittäminen kuuluvat kiinteistön ylläpitoon. Näiden selvittämisen ja laatimisen avuksi on kehitelty erilaisia kuntotutkimusmenetelmiä. Kiinteistön ylläpitoon sisältyy kahdentyyppistä toimintaa. Näitä ovat kiinteistönhoito ja kunnossapito. Kiinteistönhoitoon kuuluvat kaikki säännölliset toiminnot, joilla halutaan pitää kiinteistön olosuhteet tietyllä tasolla. Näitä ovat esimerkiksi teknisten järjestelmien hoito ja viallisten kohteiden

den korjaus. Kunnossapitoon sisältyy toimenpiteet, joilla pyritään säilyttämään kiinteistön ominaisuuksia joko uusimalla tai korjaamalla vialliset ja kuluneet osat niin, että kohteen suhteellinen laatu-taso ei muutu olennaisesti. (Ympäristöministeriö, 2016)

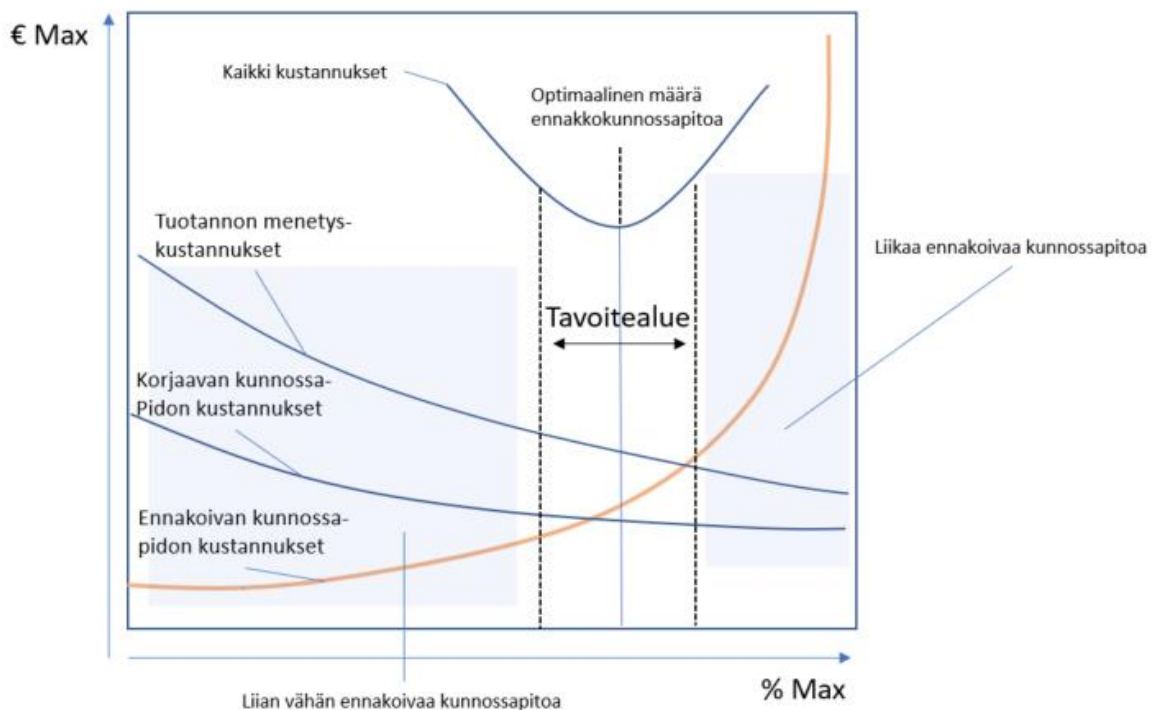
Kiinteistön korjaaminen käsittää kiinteistön olemassa olevien rakenteiden ja järjestelmien uusimisen tai kunnostamisen niin, ettei rakennuksen laatutaso muutu tai vaihtoehtoisesti niin, että laatutaso paranee. Korjaaminen on järkevää liittää osaksi suunnitelmallista ylläpitoa ajoittamalla korjaushankkeet pitkän aikavälin suunnitelman (PTS) mukaisesti. (Ympäristöministeriö, 2016)

2.1 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoivassa kunnossapidossa pyritään tekemään kiinteistön teknisten järjestelmien säännöllisiä ja tarpeenmukaisia huoltoja sekä järjestelmien uusimisia optimaalisella hetkellä. Pelkässä reaktiivisessa kunnossapidossa laitteita korjataan sitä mukaan, kun niitä hajoaa. Erilaisia ennakoivan huollon toimenpiteitä ovat esimerkiksi tarvepohjaiset toiminnot sekä silmämääräiset tarkastukset. Jokaisen toimenpiteen tarkoituksena on huoltaa tai etsiä mahdollisia vikoja jo ennen niiden varsinaista esiintymistä. Suunnitelmallisella kunnossapitotoiminnalla vältetään esimerkiksi laitteen rikkoontumisesta johtuvia ketjureaktioita sekä pitkiä varaosien odotusaikoja. Ennakoitavuus on kunnossapidossa hyvin tärkeää, sillä korjausajan venyminen merkitsee yleensä suuria tappioita yritykselle, mikäli yrityksen yksi tuotantolinja on poissa käytöstä huollon tai varaosan puuttumisen vuoksi. Ennakoivassa huollossa on yleensä optimaalista järjestää huolto tehtaan seisokin aikana, jolloin tuotantolinjat ovat suunnitelmallisesti jo valmiiksi ajettu alas. (Arrow Engineering Oy, 2017) (Caverion Oy, 2018)

Yleisesti merkittävin syy ennakoivan huollon puuttumiselle piilee kustannuksissa. Moottoreiden ennakoiva huolto saattaa aiheuttaa hetkellisesti suurempia kustannuksia, mutta pitkällä aikajänteellä voidaan säästää huomattavia summia, koska yllättäviä huoltokatkoja ei synny. Mikäli moottoreiden, linjastojen tai muiden vastaavien suurien ja tärkeiden kokonaisuuksien ennakoivasta kunnossapidosta ja silmämääräisistä tarkastuksista säästetään, saattaa se kostautua rahallisesti moninkertaisesti koko linjaston pysähtymisen vuoksi tai korjauksen sijoittumisella tavallisten työaikojen ulkopuolelle, esimerkiksi viikonloppuun. (Caverion Oy, 2018)

Optimaalisen ennakoivan kunnossapidon kustannukset ovat yksi hyvin suunnitellun kunnossapidon mittareista. Jos ennakoivaa kunnossapitoa on liikaa, tulee huoltokustannuksista kohtuuttoman suuret verrattuna saatuun hyötyyn. Toisaalta liian vähäinen ennakoiva kunnossapito kasvattaa huoltokustannuksia suunnittelemattomien huoltojen ja laiterikkojen vuoksi. Kuvassa 2 on esitetty, miten ennakoivaa kunnossapitoa tulisi suunnitella kustannustehokkaasti. (Arrow Engineering Oy, 2018)



Kuva 2. Ennakoivan kunnossapidon optimaalisen määrän periaate (Arrow Engineering Oy, 2018)

2.2 Huoltokirjan sisältö

Huoltokirja laaditaan aina kiinteistön tarpeita ajatellen ja siihen tulee kirjata huollon kannalta oleelliset tiedot ja tavoitteet. Kun huoltokirjaan laaditaan huoltovälejä, huomioon on otettava laitteiden ja tilojen käyttötarkoitus. Vilkkaassa käytössä olevat laitteet tarvitsevat enemmän huoltoa kuin satunnaisesti käytettävä laite. Laitteita tulee tarkkailla säännöllisesti, jotta mahdolliset puutteet havaitaan riittävän ajoissa. Taulukossa 2 on kuvailtu huoltokirjan esimerkkikappaleita sisältöineen.

(Sähkötieto ry, 2002) (Ympäristöministeriö, 2008)

Taulukko 2. Huoltokirjan esimerkkikappaleita sisältöineen (Ympäristöministeriö, 2008, s. 3)

-
- | | |
|----|--|
| A. | Perus- ja yhteystiedot |
| | - yhteystiedot, piirustukset, rakennusselostukset ja muut asiakirjat |
| B. | Huoltokalenteri |
| | - Teknisten järjestelmien hoito- ja huoltotoimenpiteiden aikataulut, sekä ulkopuolisilta säännöllisesti tilattavat huoltotyöt |
| C. | Hoito- ja huolto-ohjeet |
| | - Järjestelmien ja laitteiden hoito- ja huolto-ohjeet |
| D. | Poikkeustilanneohjeet |
| | - Ohjeet poikkeuksellisille tapahtumille, kuten vesivahingoille |
| E. | Korjauspäiväkirja |
| | - kunnossapidon, peruskorjausten ja perusparannusten dokumentointiin tarkoitettu osio |
| F. | Keskimääräiset tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot |
| | - taloteknisten laitteiden ja rakenteiden huolto ja tarkastusvälit, joiden perusteella arvioidaan laitteiden ja järjestelmien kunnostus- ja uusimistarve |
| G. | Kunnossapitosuunnitelma (PTS) |
| | - pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma, jossa esitetään lähitulevaisuuden aikana tehtävät ylläpitokorjaukset kustannusarvioineen |
| H. | Materiaaliluettelo |
| | - tiedot ja tuoteselosteet käytetyistä materiaaleista, muun muassa maalien ja tapettien tyypit ja värisävyt |
| I. | Käyttöohjeet ja takuutodistukset |
| J. | Muut asiakirjat |
| | - rakentamiseen liittyvät asiakirjat ja viranomaisasiakirjat |
-

2.3 Sähköturvallisuuslain vaikutus huolto-ohjelmaan

Vuonna 2017 voimaan tullut sähköturvallisuuslaki velvoittaa momentissa 6 § sähkölaitteista ja sähkölaitteistoista seuraavasti:

"sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että

- niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- niistä ei aiheudu sähköisesti tai sähkömagneettisesti kohtuutonta häiriötä sekä;
- niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti."

(Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Momentissa 47 § määritellään, että sähkölaitteiston haltijalla on vastuu laitteiston turvallisuudesta ja sitä ylläpitävästä kunnossapidosta. Momentin mukaan laitteiston sähköturvallisuuslain asettamien

vaatimusten tulee myös täyttyä. Sähkölaitteiston haltija on vastuussa myös siitä, että laitteiston kuntoa tarkkaillaan ja havaitut puutteet korjataan riittävän nopeasti sen turvallisuuden takaamiseksi. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Sähköturvallisuuslain momentin 48 § perusteella sähkölaitteiston haltija on vastuussa myös siitä, että luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille on laadittu sähköturvallisuutta ylläpitävä huolto- ja kunnossapito-ohjelma. Kunnossapito-ohjelmaa laadittaessa on huomioitava laitteiston ympäristön aiheuttamat tarpeet. Muiden sähkölaitteistojen osalta laitteistojen huolto- ja käyttöohjeet voivat korvata kunnossapito-ohjelman. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Sähköturvallisuuslain momentissa 44 § sähkölaitteistot voidaan jakaa muun muassa kunnossapito-ohjelman sekä varmennus- ja määräaikaistarkastusten vaatimusten mukaisesti eri luokkiin seuraavasti:

"1) luokan 1 sähkölaitteisto:

- a) sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa;*
- b) muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3;*

2) luokan 2 sähkölaitteisto:

- c) sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1 000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1 000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;*
- d) sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovolttiampereä.*

3) luokan 3 sähkölaitteisto:

- c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muu vastaava sähköverkko."*

(Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

2.4 Määräaikaistarkastukset

Laitteiston haltija on vastuussa siitä, että laitteistolle suoritetaan määräaikaistarkastus. Asuinrakennuksia lukuun ottamatta kaikille luokan 1 ja 2 laitteistoille on tehtävä määräaikaistarkastus 10 vuoden välein. Jos asuinrakennuksen yhteydessä on yli 35 ampeerin muita tiloja, kuten liiketiloja tai muita vastaavia tiloja, on myös näiden tilojen sähkölaitteistoille tehtävä määräaikaistarkastus kerran 10:ssä vuodessa. Luokan 3 sähkölaitteisto poikkeaa luokan 1 ja 2 laitteistoista siten, että näille tarvitsee tehdä määräaikaistarkastukset joka viides vuosi. Määräaikaistarkastuksissa on aina tarkastettava mahdolliset lääkintätilat sekä räjähdys- ja palovaaralliset tilat toimenpiteestä riippumatta. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Momentin 50 § mukaan määräaikaistarkastuksessa tarkastajan tulee riittävin pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistua siitä, että sähkölaitteistoa on turvallista käyttää, kunnossapito-ohjelman vaatimat toimenpiteet on tehty ja kunnossapito on riittävää turvallisuuden ylläpitämiseksi. Mää-

räaikaistarkastuksen kohteena ovat myös laitteiston hoitoon tarpeelliset välineet ja laitteistoon liittyvät dokumentit. Kaikkien dokumenttien on oltava käytettävissä ja sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on oltava saatavilla asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat.

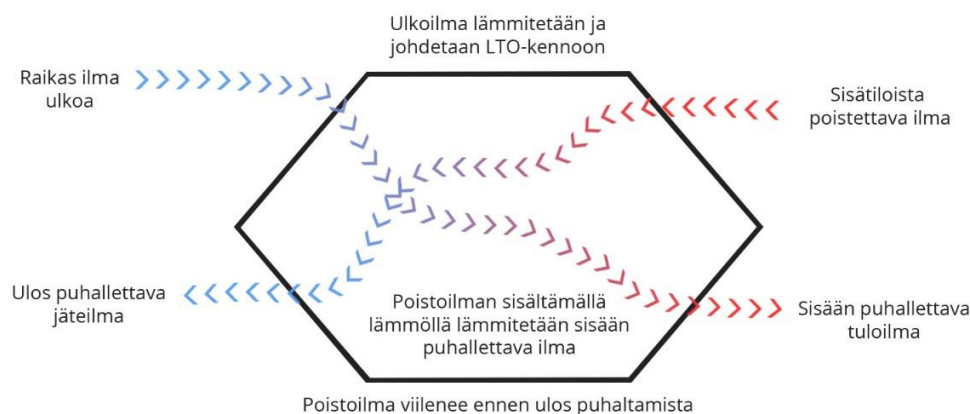
(Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

Tarkastuksessa havaitut puutteet ja viat on ilmoitettava sähkölaitteiston haltijalle. Mikäli tarkastuksessa havaitaan vakavia puutteita, on tarkastuksen kohteena ollut laitteisto tarkastettava uudestaan korjauksen jälkeen. Uusi määräaikaistarkastus on tilattava laitteiston haltijan toimesta kolmen kuukauden kuluessa tarkastusmääräyksen antamisesta. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016)

2.5 LVIA-laitteistojen huolto ja kunnossapito

Ilmanvaihtolaitteet voivat olla suuria ja monimutkaisia kokonaisuuksia, joissa on paljon liikkuvia ja huollettavia osia. Sijoittamalla suuret kokonaisuudet samaan tilaan saadaan niiden kaapelointimatkat pidettyä lyhyempinä ja huolto järjestettyä helpommin. Suuremmissa rakennuksissa ilmanvaihtolaitteita onkin useimmiten sijoitettu isoiksi kokonaisuuksiksi IV-konehuoneisiin. Kerrostaloissa on yleensä omat ilmanvaihtolaitteet kiinteistön tarpeita varten ja huoneistokohtaisia ilmanvaihtolaitteita huoneistojen ilmanvaihtotarpeisiin. Ilmanvaihtolaitteiden on tarkoitus pitää kiinteistön ilmanlaatu mahdollisimman hyvänä ja poistaa sisäilmasta muun muassa hiilidioksidia, ilmankosteutta ja muita epäpuhtauksia. (Hengitysliitto ry)

Ilmanvaihtolaitteiden toimintaan kuuluu ulkoilman suodattamisen lisäksi sen lämmitys ja jäähdytys. Näihin tehtäviin soveltuvat lämmöntalteenotto sekä lämmitys- ja jäähdytyspatterit. Lämmöntalteenotto lämmittää ulkoa otettavaa ilmaa hyödyntämällä lämmintä sisäilmaa. Lämmöntalteenottotapa valitaan tilan ja rakennuksen tarpeiden mukaan. Yleisimpiä lämmönsiirtimiä ovat risti- ja vastavirtalevylämmönsiirtimet sekä pyörivät lämmönsiirtimet. Kuvassa 3 on esitetty vastavirtalevylämmönsiirtimeen toimintaperiaate. Pyörivän lämmönsiirtimeen hyötysuhde on muita lämmönsiirtimiä parempi. Eri lämmöntalteenottomuotoja yhdistämällä voidaan saavuttaa jopa 90 %:n vuosihyötysuhde. Talven pakkasilla ja kesän helteillä voidaan tarvita lisäksi lämpöpattereita ja jäähdyttimiä lämmittämään tai viilentämään huoneistoihin tulevaa ilmaa. (Sähköala.fi, 2009)



Kuva 3. Vastavirtalämmöntalteenoton toimintaperiaate (Nilan Suomi Oy)

Sisäilmassa on sekä kiinteitä että kaasumaisia epäpuhtauksia. Suurin osa kiinteistä epäpuhtauksista on peräisin ympäristöstä, ja näitä ovat esimerkiksi siitepöly sekä katupöly. Nämä hiukkasepäpuhtaudet erotellaan ulkoilmasta erilaisten suodattimien avulla. Ilmansuodattimet on hyvä vaihtaa kaksi kertaa vuodessa, keväällä ennen siitepölykautta ja syksyllä kesäilman epäpuhtauksien jälkeen, jotta pöly ei haittaisi ilmanvaihtoa. Suodattimia löytyy niin karkeiden kuin ultrahienojenkin hiukkasten suodattamiseen. Suodattimet jaetaan niiden tehokkuuksien perusteella seuraaviin kirjainluokkiin: G, F, H ja U. Näistä G-luokan suodattimet on tarkoitettu käytettäväksi karkeimmille hiukkasille, ja U-luokan suodattimet suodattavat tehokkaimmin kaikkein pienimpiä hiukkasia. Kirjaimen perässä oleva numero kertoo suodattimen tehokkuudesta ja siitä, kuinka suuri osa läpimenevän ilman hiukkasista jää suodattimeen. Esimerkiksi rakennusmääräysten vaatima F7-suodatin suodattaa 80 % hiukkasista, jolloin suodattimen läpäisee 20 %. Yleisesti asuinhuoneistoissa käytetään F9-suodattimia, jotka päästävät lävitseen vain 5 % suodattimen kohtaavista hiukkasista. (Suomen Kiinteistölehti, 2017) (Hengitysliitto ry)

Ilmanlaadun ja huoltotarpeiden seurantaan käytetään erilaisia antureita. Ilmanvaihtolaitteissa käytettyjä antureita ovat esimerkiksi paine- ja lämpötila-anturit. Paineantureilla voidaan mitata suodattimeen kertyneen pölyn ja muiden hiukkasten määrää. Anturi mittaa suodattimen molemmilta puolilta painetta ja vertaa näitä tuloksia keskenään. Paine-eron seuraamisella voidaan ennakoida huoltoja ja varautua esimerkiksi useamman suodattimen vaihtoon. Hiilidioksidi-, kosteus- ja lämpötila-antureiden avulla voidaan ohjata ilmanvaihtolaitteiden toimintaa automaattisesti mittaamalla ilmanvaihtolaitteeseen tulevan sisäilman hiilidioksidipitoisuutta, kosteutta tai lämpötilaa. Jos mitattu arvo on haluttua korkeampi, voidaan ilmanvaihtoa tehostaa ja arvon palatessa halutulle tasolle, voidaan teho palauttaa normaalitasolle. (Vallox Oy)

2.5.1 Moottorikäytöt

Erilaiset pumput, puhaltimet, moottorit ja kiertoilmakojeet vaativat säännöllistä huoltoa, joista toiset enemmän kuin toiset. Ilmanvaihtolaitteissa moottoreita käytetään esimerkiksi tulo- ja poistoilmapuhaltimissa. Puhaltimet ja kiertoilmakojeet ovat yleensä kiinteistön ilmanvaihdon helppohoitoisimpia laitteita. Niissä olevat moottorit ovat yleensä huoltovapaita ja ainoat puhaltimien huoltotoimenpiteet liittyvät suodattimien putsaukseen. Suodattimia on puhdistettava, jotta vältetään laakereiden ylimääräiseltä kulumiselta. Suuremmissa ilmanvaihtokoneissa, joissa lämmöntalteenottotapana on pyörivä lämmönsiirrin, käytetään moottoria talteenottokiekon pyörittämiseen. Näissä järjestelmissä huoltoa vaativia kohteita ovat suodattimien lisäksi moottorin ja kiekon laakerit sekä moottorin ja lämmönsiirrimen välissä oleva hihna. Hihnan kireyden ja kulumien tarkkailua tulisi suorittaa puolen vuoden välein ja laakereiden kuntoa tarkkailla laakeriääniä kuuntelemalla kerran vuodessa. (FläktWoods) (Systemair) (Seroco Oy) (FläktGroup)

Joissain kiinteistön moottoreissa on oltava mahdollisuus portaattomaan säätöön. Tällöin moottoreita ohjataan taajuusmuuttajilla. Moottorikäytöissä taajuusmuuttajia voidaan käyttää muun muassa kiinteistön energiansäästöjen tavoitteluun, nopeudensäätöjen vaatimusten vuoksi tai esimerkiksi mekaanisen rasituksen vähentämiseksi ja käyttöiän pidentämiseksi. (Danforss A/S)

Taajuusmuuttajien huolloilla ylläpidetään moottorikäyttöjen parhaita hyötyjä. Huoltotoimenpiteiden ennakoinnilla suoritamisella voidaan pidentää moottorikäyttöjen käyttöikää ja varmistaa näin laitteiden käytön luotettavuus. Ennakoivaan huoltoon sisältyy muun muassa liitosten, kaapelointien, suojuspiirien, puhaltimien sekä jäähdyttimien tarkastukset ja perusmittaukset. (ABB Oy)

2.5.2 Automaatiojärjestelmät

Automaatiojärjestelmillä voidaan ohjata ja hallinnoida kiinteistöjen sekä teollisuuslaitosten olosuhteita. Automaation avulla voidaan ohjata muun muassa LVI-, kulunvalvonta- ja palohälytysjärjestelmiä. Automaatiojärjestelmien vahvuuksiin kuuluu mahdollisuus koota kiinteistöä ohjaavia järjestelmiä suuriksi kokonaisuuksiksi erilaisten avoimien ratkaisujen avulla, kuten KNX, MODBUS, BACnet ja DALI. Automaatiojärjestelmät keräävät automaattisesti dataa kiinteistöstä ja tätä voidaan hyödyntää useissa erilaisissa tilanteissa. Perinteisesti automaation on mielletty liittyvän LVI:n ohjaukseen tarkoitettuihin järjestelmiin, mutta nykyään se kattaa lähes kaikki kiinteistön automatisointiin liittyvät toiminnot. (Caverion Oy)

Automaatiojärjestelmissä ei itsessään ole samalla tavalla huollettavia osia kuin muissa järjestelmissä, mutta kiinteistön kokonaisuuden toimintavarmuuden ylläpitämiseksi ja erilaisten järjestelmien täyden hyödyntämisen mahdollistamiseksi on automaatiolaitteiden kuntoa ja toimintaa tarkkailtava jatkuvasti. Automaation luotettavuus on kaiken ydin hyvin toimivan kiinteistön kannalta. Tyypillinen viikaantuminen automaatiolaitteissa liittyy mekaanisten komponenttien kulumiseen, elektroniikkaosien likaantumiseen tai ylijännitteiden ja pölyn aiheuttamiin ylläampemisiin. Joissain tilanteissa myös laitteistoissa tapahtuvat värinät aiheuttavat liittimien löystymistä sekä antureiden ja mittareiden toiminnan heikkenemistä. (Sähkötieto ry, 2017)

Automaatiolaitteiden huolto perustuu ennakoivaan huoltoon, eli silmämääräisiin tarkastuksiin sekä määrävälisin suoritettaviin katselmuksiin. Tavanomainen tilojen käyttö luo jo itsessään hyvän perustan ennakoivalle huololle, koska jokapäiväinen käyttö paljastaa useimmat viat ajoissa. Jotta kiinteistön kaikkien tilojen kunto säilyy tiedossa, on harvemmin käytettyjen tilojen laitteet syytä tarkastaa tietyin väliajoin. Säännöllisten tarkastusten ja huoltojen määrävälit valitaan tarkastettavien pisteiden tärkeyden ja automaatiojärjestelmän yleisen iän perusteella. Upouutta laitteistoa ei ole välttämättä mielekästä tarkastaa kuukausittain, mutta jo käyttöikänsä päässä olevaa laitteistoa tulisi seurata tiheämmin tai vaihtoehtoisesti suunnitella vanhojen komponenttien päivittämistä uusiin. (Sähkötieto ry, 2017)

Automaatiolaitteiden huolto ja ylläpito voidaan järjestää kahdella tavalla, kiinteistön sisäisesti tai huoltosopimuksella ulkopuolisen tahon kanssa. Jos ylläpito hoidetaan ulkopuolisen tahon kanssa, saattaa kiinteistön henkilöstön laitteistotuntemus jäädä vähäiseksi. Mikäli kiinteistön ylläpitoa voidaan hoitaa muutoin kuin ulkopuolisen tahon toimesta, kiinteistön ja sen tekniikan tuntemus on henkilöstön kesken parempaa. Tällöin myös viat ja puutteet havaitaan usein nopeammin. Kiinteistöissä on kuitenkin usein erityisosaamista vaativia laitteita, joihin tarvitaan ulkopuolisen huoltoliikkeen ammattitaitoa. (Sähkötieto ry, 2017)

Ylläpitosopimus eroaa huoltosopimuksesta siten, että se sisältää tavanomaisen järjestelmän toimintakunnon ylläpitämisen lisäksi laitteiden uusimiset toimintakuntoisuuden takaamiseksi. Ylläpitosopimusta tehtäessä määritellään sopimuksen kesto sekä taso, jolla järjestelmä halutaan pitää. Yritykset tarjoavat usein myös kattavampia palveluita, joissa niiden vastuulla on kiinteistön kunnossapidon lisäksi myös kiinteistön tietoteknisten järjestelmien käyttö ja ylläpito sekä kiinteistön olosuhteet ja energiankulutus. Sopimuksissa voidaan sopia sakkomaksuista, joita maksetaan, mikäli tavoitteita ei saavuteta ja bonuksista, joita maksetaan tavoitteiden täyttymisen myötä. (Sähkötieto ry, 2017)

Haasteita automaatiojärjestelmien ylläpitoon tuo automaatiojärjestelmien ja niihin yhdistettyjen laitteiden tietoturva. Etäyhteydellä järjestelmää hallittaessa yhteydet on suojattava muun muassa palomuurilla sekä esimerkiksi VPN-palvelulla, käyttöoikeuksilla ja salasanoilla. Sen lisäksi kaikki kirjautumiset sekä kirjautumisyrittäykset tulisi kirjata lokiin, jolloin väärinkäyttöyritykset voidaan havaita. Tarkempia ohjeita rakennusautomaatiojärjestelmien tietoturvan toteutukseen löytyy ST-ohjeistosta 22. Tietoturva-asioiden ymmärtäminen jo suunnitteluvaiheessa ja ylläpidossa on erityisen tärkeää, koska suojaamaton laite voi vaarantaa esimerkiksi koko tuotantolaitoksen prosessin tai kiinteistön kriittiset laitteet. Traficomien vuosittaisessa kartoituksessa huhtikuussa 2019 havaittiin yli tuhat suojaamatonta automaatiolaitetta. Suurin osa näistä kuului rakennusautomaatiojärjestelmiin ja mukana oli erilaisia kiinteistöjen ohjauksiin liittyviä laitteita sekä järjestelmiä, kuten hissien, ilmanvaihdon ja lämmitysten ohjauksia. Teollisuuden hallintajärjestelmistä löytyi myös esimerkiksi eräälle elintarviketeollisuuden yritykselle kuuluvia suojaamattomia PLC-logiikoita. (Sähkötieto ry, 2017) (Traficom, 2019)

2.6 Sähkölaitteistojen huolto ja kunnossapito

Sähkölaitteiston turvallisuus ja sen häiriötön toiminta pyritään varmistamaan huollon, kunnossapidon, kunnon valvonnan sekä täydentävien määräaikaistarkastuksien välityksellä. Koska kaikilla sähkölaitteilla, asennuksilla ja sähkölaitteiden komponenteilla on arvioitu maksimi käyttöikä, on näitä tarkkailtava erityisesti niiden tullessa käyttöikänsä päähän. Huollon ja kunnossapidon tärkeimmät tehtävät liittyvätkin siis silmämääräisiin ja määräaikaisiin tarkastuksiin sekä huoltoihin. Jatkuvalle kunnon seurannalle voidaan hahmottaa koko sähkölaitteiston kunnon tila sekä huollon tarpeet.

Sähkölaitteistojen huolto- ja kunnossapito-ohjelmaan kirjataan yleisimmät huoltoa vaativat kohteet. Huoltokirjaan kirjattavia kohteita ovat esimerkiksi laitteet ja asiat, joita tarvitsee testata, tarkistaa ja

huoltaa tasaisin väliajoin. Sähkötieto ry:n julkaisemat ST-kortit 96.03.01–96.03.06 sisältävät huoltotoimenpiteiden ohjeellisia määrävälejä eri laitteiston osille. (Sähkö- Ja Teleurakoitsijaliitto ry, 2017, ss. 70-71)

Testattavia laitteita ovat esimerkiksi laitteiston osien suojaukseen sekä henkilöiden turvallisuuteen vaikuttavat komponentit, kuten lämpöreleet, vikavirtasuojat ja muut vastaavat laitteet. (Sähkö- Ja Teleurakoitsijaliitto ry, 2017, ss. 70-71)

Tarkistettavaan asioihin kuuluu laitteiden suojaukseen ja niiden luoksepäästävyyyteen liittyvät toimenpiteet. Lukitsemislaitteet, ovet, suojapuomit ja varoittavat kilvet ovat hyviä esimerkkejä tarkastettavista kohteista. Näiden tarkoituksena on estää tahaton altistuminen jännitteiselle osalle. Jos puutteita havaitaan, on tarvittavat huoltotoimenpiteet suoritettava, jotta edellä mainitut suojaustoimenpiteet täyttävät vaaditut tehtävänsä. (Sähkö- Ja Teleurakoitsijaliitto ry, 2017, ss. 70-71)

Huoltoa vaativia laitteita ovat ne laitteet, jotka voivat aiheuttaa käytön tai ympäristöolosuhteiden vuoksi vaaratilanteita. Erilaisia vaaratilanteita voivat aiheuttaa esimerkiksi ympäristön tai liian suuren virran takia hapertuneet kaapelit. Tässä tilanteessa tulisi huoltotoimenpiteenä kyseeseen kaapelin vaihtaminen tai laitteen puhdistaminen pölystä ja muusta vastaavasta paloherkästä materiaalista. Seuraavissa kappaleissa käsitellään tarkemmin huollettavia sähkölaitteistoja ja niiden osia. (Sähkö- Ja Teleurakoitsijaliitto ry, 2017, ss. 70-71)

2.6.1 Akusto

Akkujen luotettavan toiminnan varmistamiseksi niitä tulee huoltaa säännöllisesti. Akut on pidettävä puhtaana, sillä akun pinnalla oleva lika voi aiheuttaa vuotovirtoja ja lisätä niiden itsepurkautumista. Akkujen huoltoon on käytettävä aina valmistajan ohjeita ja tietyt huoltotoimenpiteet on suoritettava jokaisella huoltokerralla akkutyypistä riippumatta (taulukko 3). Huoltovapaita litiumakkuja ei kuitenkaan huolleta paikan päällä. Litiumakkujen huoltoa saa tehdä vain siihen perehtynyt henkilö, yleensä akkujen maahantuojaan valtuuttaman yrityksen ammattilainen. (Sähkötieto ry, 2016, s. 2)

Taulukko 3. Akkutyypistä riippumattomia huoltotoimenpiteitä (Sähkötieto ry, 2016, s. 2)

-
- Akuston kokonaisjännitteen mittauss.
 - Kaikkien kennojen yksittäisten jännitteiden mittauss.
 - Akkutilan lämpötilan mittauss.
 - Kaikkien kennojen elektrolyyttien tason tarkistus.
 - Jos pinnan taso on lähestymässä minimimerkintää, on akkuvettä lisättävä maksimitasoon asti.
 - Akkuveden kokonaistäyttömäärä on kirjattava ylös.
 - Silmämääräinen tarkistus, jossa katsotaan muun muassa, ettei mikään kennoista vuoda.
 - Napojen ja johtimien tarkistus hapon aiheuttaman korroosion varalta.
 - Liitosten puhdistus tarvittaessa ja niiden rasvaus happoa kestäväällä rasvalla.
 - Sähköisten liitosten kireyden tarkistus ja kiristys.
-

Jos akusto on koottu avoimista lyijyakuista ja edellä mainittujen toimenpiteiden tulokset vaikuttavat poikkeavan moitteettomien akkujen tuloksista, on syytä suorittaa kuormituskoe. NiCd-akustoille suositellaan tehtävän käyttökoe jokaisen huoltokäynnin aikana. Kuormituskokeen aikana akustoja puretaan joko laitteiston varmistamaan kohteeseen tai erilliseen kuormaan noin 20–50 % akuston kapasiteetista. Mittauksen aikana kirjataan ylös akuston virta, kokonaisjännite ja mahdollisuuksien mukaan yksittäisten akkujen jännitteet 1–30 minuutin välein. Mittauksen jälkeen akuston kunnon selvittämiseksi saatuja tuloksia verrataan valmistajan ilmoittamiin arvoihin sekä aikaisemmin saatuihin mittaustuloksiin. (Sähkötieto ry, 2016, s. 3)

2.6.2 Keskukset

Kiinteistössä on useanlaisia sähkökeskuksia ja ne ovat tärkeä osa rakennuksen sähköjärjestelmää. Keskukset toimivat sekä verkkoa rajaavina että suojaavina laitteina. Oikealla määrällä jakokeskuksia saadaan kiinteistön toimintavarmuutta ylläpidettyä rajaamalla mahdollinen vika sulakkeiden selektiivisyyden avulla mahdollisimman pieneen osaan rakennusta ja lisäksi kiinteistön huolto on helpompi järjestää. Eri keskuksissa sijaitsee eri kokoisia sulakkeita sekä vikavirtasuojakytkimiä, henkilösuojaimia ja erilaisia mittausslaitteita. Keskusten pienet lähdöt, joiden nimellisvirta on maksimissaan 63 A, mitataan suoralla mittauksella. Suorassa mittauksessa vaihejohtimet johdotetaan sulakkeilta mittarin läpi syötettävään kohteeseen. Yli 63 A:n lähdöt mitataan epäsuoran mittaustavan mukaisesti. Epäsuorassa mittauksessa jännitteiset vaihejohtimet sekä mittaussjohtimet on erotettu toisistaan galvanisesti. Vaihejohtimet kulkevat mittamuuntajien läpi ja nämä vertaavat vaihejohtimien sekä nol-lajohtimen summavirtoja, tarkemmin niiden eroa. Vaihejohtimet ja mittajohtimet on siis erotettu toisistaan. Kuvassa 4 on esitetty suora ja epäsuora mittaustapa. (Sähkötieto ry, 2020)

syistä karsitaan ylimääräisiä tai sillä hetkellä tarpeettomia järjestelmiä pois. Yleisimpiä telejärjestelmiä ovat esimerkiksi tiedonsiirtojärjestelmiin kuuluvat antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmät, turvallisuutta parantavat järjestelmät kuten kameravalvonta-, kulunvalvonta-, murtohälytys- sekä paloilmoitinjärjestelmät ja muihin järjestelmiin kuuluvat aikakello-, merkinanto- sekä äänentoistojärjestelmät. (Sähkötieto ry, 2016)

Osa kiinteistöjen telejärjestelmistä ovat sillä tavalla erityisiä, että niitä käytetään vain tietyntyyppisissä rakennuksissa. Esimerkiksi aikakello- tai kutsujärjestelmät eivät yleensä ole jokaisen kodin varuste, vaan niitä käytetään vain tietyntyyppisissä rakennuksissa, kuten esimerkiksi kouluissa, sairaaloissa tai hoitokodeissa, joissa ne ovat tarpeellisia. Koska erilaisia järjestelmiä on monia ja niiden huolloissa on paljon yhtäläisyyksiä, käydään tässä osiossa vain yleisiä huollon kannalta tärkeimpiä toimenpiteitä.

Tärkeimpiä telejärjestelmien huoltotoimenpiteitä ovat silmämääräiset tarkastukset, joissa tarkastetaan visuaalisesti laitteen kunto. Silmämääräisillä tarkastuksilla pyritään siihen, että tavanomainen käyttö jatkuu ilman yllättäviä katkoksia. Esimerkiksi palotilanteita varten varmistetaan, että palohälyttimet ja poistumisvalaisimet toimivat kuten niiden kuuluukin. Tarkastusten lisäksi määrävälein tehtävillä testauksilla varmistetaan eri järjestelmien toiminta, esimerkiksi testaamalla palovaroittimien toiminta kuukausittain. Säännöllisesti tehtävien toimintojen tyyppi ja määrävälit riippuvat järjestelmästä ja kiinteistön vaatimuksista. Tarkempaa tietoa eri järjestelmien käytöstä, huollosta ja kunnossapidosta löytyy esimerkiksi ST-korteista 98.51–98.62. Taulukoissa 5–8 on esitetty eri järjestelmille määrävälein tehtäviä tarkastustoimenpiteitä.

Taulukko 5. Murtosuojausjärjestelmän tarkastustoimenpiteitä (Sähkötieto ry, 2012)

-
- Ilmoituksen siirron, paikallishälyttimien ja ilmaisimien siirron toiminnan tarkistus 1–4 kertaa vuodessa riippuen turvallisuustasosta.
 - Ilmaisimien ympäristössä tapahtuneiden muutosten tarkkailu, esimerkiksi huonekalujen sijoittelun muuttuminen ilmaisimien toiminta-alueilla.
 - Akkujen ja muiden laitteiden kunnan tarkistaminen.
 - Akut on vaihdettava vähintään neljän vuoden välein.
 - Keskuslaitteen, ilmaisimien ja muiden laitteiden testaus ja säätö.
-

Taulukko 6. Kameravalvontajärjestelmän tarkastustoimenpiteitä (Sähkötieto ry, 2016)

-
- Monitoreiden ja kuvatallentimien ajoittainen seuraus, jotta rikkoontuneet laitteet havaitaan helpommin. Seurattavia laitteita ovat esimerkiksi:
 - monitorit,
 - kamerat ja
 - tallennuslaitteet.
 - Massamuistien varmuuskopiointi esimerkiksi RAID-tekniikkaa hyödyntäen.
 - Kameroiden suuntausten sekä sen tuottaman kuvan laadun seuraus.
 - Kameroiden ääriasentojen tarkastus (liikkuvuuden on oltava vapaata joka suuntaan) sekä zoom-objektiivien toimivuus ja tasaisuus
-

Taulukko 7. Kulunvalvontajärjestelmän tarkastustoimenpiteitä (Sähkötieto ry, 2016)

-
- Akkuvarmennuksien tarkastukset.
 - Ovien mekaanisen kunnon ja toiminnan seuranta. Seurattava esimerkiksi:
 - sähkölukkojen toimintaa,
 - ovipumppujen toimintaa sekä
 - ylivientisuojiin kuntoa ja kireyttä.
 - Ilmoituksensiirtojärjestelmän toiminnan testaus, mikäli oven yhteyteen on integroitu murtoilmaisulaitteita.
-

Taulukko 8. Paloilmoitinjärjestelmän tarkastustoimenpiteitä (Sähkötieto ry, 2020)

-
- Kuukausittain suoritettavia testauksia ovat:
 - keskuskojeiden,
 - hälyttimien,
 - painikkeiden,
 - ilmaisimien ja
 - antureiden toimintakokeet.
 - Painikkeita, ilmaisimia ja antureita testatessa valitaan testattavaksi 1–3 eri laitetta joka kuukausi.
 - Kerran vuodessa suoritettavia testauksia ovat:
 - kaikkien kiinteistön paloilmoitinjärjestelmään liitettyjen komponenttien ja
 - akuston testaus sekä
 - mahdollisten ohjelmistopäivitysten ja
 - konfigurointien päivityksien ja niiden varmuuskopiointien tarkastus.
-

Vaikka erilaiset järjestelmät asettavat omat vaatimuksensa toimenpiteiden suhteen, on olemassa kuitenkin myös kaikkia järjestelmiä yhdistäviä toimenpiteitä. Näitä ovat esimerkiksi sovellusten ajantasaisuuden varmistaminen, dokumenttien ajantasaisuuden ylläpitäminen sekä laitteiden kunnon tarkastelu. Mikäli laitteissa havaitaan vikoja, on rikkiäiset laitteet tai niiden osat vaihdettava uusiin.

Yleiskaapelointijärjestelmän omistajalla on järjestelmän ylläpitovastuu. Sen velvollisuuksiin kuuluvat kaapeloinnin ylläpito sekä määräysten ja standardien täyttymisen seuraaminen esimerkiksi suorituskyvyn, häiriöiden ja tietoturvan osalta. Tämän lisäksi dokumenttien ajantasaisuudesta huolehtiminen ja niiden säilytys kuuluvat yleiskaapelointijärjestelmän omistajan velvollisuuksiin. Mikäli yleiskaapelointijärjestelmä liitetään yleiseen viestintäverkkoon, sen on täytettävä myös Liikenne- ja viestintäministeriön määräyksen 65D asettamat vaatimukset kiinteistön sisäverkoista. (Sähkötieto ry, 2016)

Määräyksessä 65D otetaan kantaa esimerkiksi sisäverkon tai sisäverkkojen sekä näiden tarvitsemien laitetilojen:

- 1) rakenteeseen,
- 2) tekniseen laatuun, suorituskykyyn ja luotettavuuteen,
- 3) turvallisuuteen ja suojaamiseen,
- 4) tarkastukseen ja testaukseen sekä
- 5) asiakirjoihin eli dokumentteihin.

(Traficom, 2019)

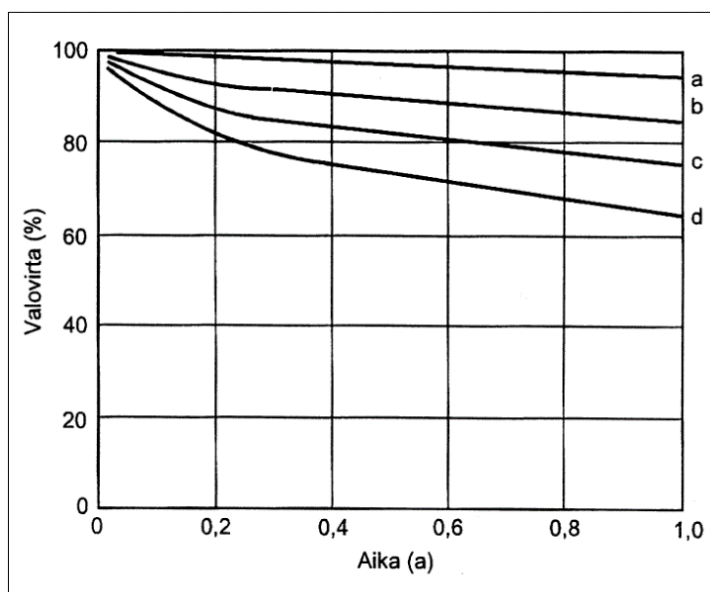
Uusien sisäverkkojen tulee muodostaa tähtimäinen verkkorakenne jakamoiden suhteen. Tällä ehkäistään esimerkiksi kaapelin katkoksen vaikutus useamman huoneiston tai tilan yhteyksiin. Tähtimäinen verkko ei kuitenkaan vaikuta, mikäli katkos tapahtuu liittymispisteessä. Tällöin katkos vaikuttaa koko syötettävään verkkoon. Viestintäverkko on suunniteltava ennen rakennuttamista. Pysyvän verkon vaatimukset riippuvat siirtoteiden pituudesta. Alle 90 metriä pitkiltä siirtoteiltä vaaditaan standardin SFS-EP-50173-1 luokan E suorituskyky ja yli 90 metristen siirtoteiden tapauksessa määräys 65D asettaa omat vaatimuksensa. (Traficom, 2019)

Turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä suunniteltaessa on otettava huomioon kiinteistön ja laitteiston käyttötarkoitus. Erityisen tärkeää on tietoturvallisuuden huomioiminen. Laitteistolle arvioitujen uhkien perusteella on suunniteltava tarvittavat lukitukset, murtosuojaukset sekä verkon rakenne ja käyttö. Esimerkiksi eri tilaajia palvelevia tähtipisteitä tai kytkentäpaikkoja ei saa asentaa muiden toimijoiden tai asuinhuoneistojen tiloihin. Ennen käyttöönottoa sisäverkko on testattava muutoksenalaisen ja kunnostetun verkon osalta. Tarkastuksissa varmistetaan muun muassa kaapeloinnin, kaapeliteiden ja laitetilojen asennuksia sekä niiden laatua, verkon rakennetta ja merkintöjä sekä tehtyjä piirustuksia. Piirustuksista ja dokumenteista on selvittävä esimerkiksi eri sisäverkkojen tyypit sekä niiden rakenne, liityntäkaapelit, kaapelireitit ja niiden pituudet sekä tietoliikenne-, antenni- ja liitännätarasioiden sijainnit ja esimerkkityypit. (Traficom, 2019)

2.6.4 Valaistusjärjestelmät

Valaisimien valaistusvoimakkuus pienenee käyttööän kasvaessa. Lampputyypistä riippuen valovirta pienenee yleensä 5–15 % sen käyttööän aikana. Loiste- ja purkauslamput voivat menettää jopa 60–90 % valovirrastaan ennen lopullista loppuun palamista. Valaisinta valittaessa on huomioitava ympäristön vaikutukset valaisimeen, esimerkiksi ympäristön lämpötila ja syövyttävät olosuhteet saattavat lyhentää valaisimen käyttöikää. (Sähkötieto ry, 2003, ss. 1–4)

Valovirtaan vaikuttaa pääasiassa valaisimeen kertyvän pölyn ja lian määrä. Tilan käyttötarkoituksella ja valaisintyyppillä on suuri merkitys siihen, kuinka nopeasti valaisimen valaistusteho laskee, sillä tilojen likaantumisolot voivat poiketa merkittävästi toisistaan. Kuvassa 5 on esitetty, miten tilan käyttötarkoitus vaikuttaa valaisimen valovirtaan eri likaantumisololoissa. (Sähkötieto ry, 2003, s. 3)



Kuva 5. Samanlaisella valaisimella eri tiloissa saatuja valovirran alenemakäyriä: a) integroidulla valaistus- ja ilmastointijärjestelmällä varustettu toimisto, b) koulu, c) konepaja, d) hitsaamo (Sähkötieto ry, 2003, s. 3)

2.6.5 Varavoimailaitteistot

Varavoimailaitteiston huollossa on noudatettava aina laitteen valmistajan laatimia huolto-ohjeita. Käyttövarmuusvaatimuksesta riippuen varavoimajärjestelmälle on suoritettava koekäyttö 1–4 viikon välein, jotta varmistutaan koneen toiminnasta myös sähkökatkoksen aikana. Tavallisen koekäytön aikana olisi suositeltavaa kuormittaa konetta vähintään kolmasosa nimelliskuormasta, jotta vältetään dieselille tyhjäkäynnistä aiheutuvia haittoja. Kerran vuodessa, esimerkiksi vuosihuollon yhteydessä, suositellaan tehtäväksi täyden kuorman koekäyttö. Koekäyttöjen tulee kestää vähintään 30–45 minuuttia, jotta varavoimakone ehtii käydä hetken aikaa normaalissa käyttölämpötilassa. (Sähkötieto ry, 2019, s. 152)

Laitteistolle tulisi suorittaa käyttötunneista riippumaton määräaikaishuolto toimintavarmuuden ylläpitämiseksi vähintään kerran vuodessa. Mikäli laitteisto on jatkuvassa käytössä, on suositeltavaa suorittaa huoltoja valmistajan antamien huoltovälien mukaisesti. Sähköturvallisuuslaissa määritetyn määräaikaistarkastuksen aikana varmistetaan muun muassa, että:

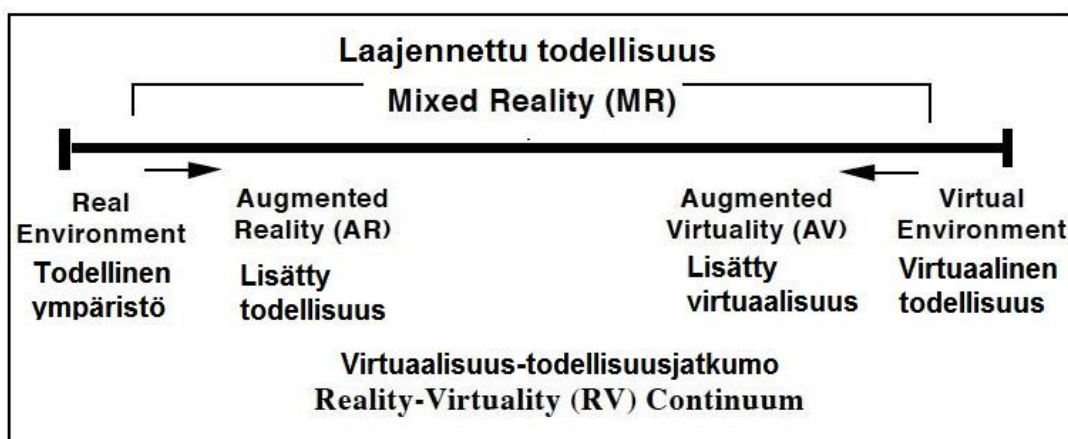
- varavoimalaitteistoa on turvallista käyttää.
- huolto ja kunnossapitosopimuksen mukaiset huollot on tehty.
- kaikki tarvittavat välineet, piirustukset ja ohjeet on käytettävissä.
- työntekijät ovat riittävän perehdytettyjä työhönsä.

(Sähkötieto ry, 2019, s. 153)

Mikäli huollon aikana ilmenee puutteita tai vikoja, tulee ottaa yhteyttä erikoishuoltoliikkeeseen. Kyseiset huoltoliikkeet suorittavat yleensä myös laitteiston vuosi- ja vuosihuollot. Erikoishuoltoliikkeen palveluihin kuuluvat esimerkiksi öljynvaihdot, suodattimien vaihdot, jäähdytysnesteiden tarkistus sekä konehuoneen siivous ja laitteiden puhdistus. (Sähkötieto ry, 2006, s. 23)

3 LAAJENNETTU TODELLISUUS

Laajennettu todellisuus (engl. Extended Reality, XR) on yläkäsite eri virtuaalisille teknologioille, joita ovat esimerkiksi lisätty todellisuus ja virtuaalinen todellisuus. Vuonna 1994 Paul Milgram ja Fumio Kishino ym. määrittivät yhdistetyn todellisuuden eri lajit Milgramin todellisuusjatkumon avulla todellisen ja virtuaalisen maailman välillä. Milgramin todellisuusjatkumo on esitetty kuvassa 6. Todellisen maailman (kuvassa vasemmalla) ja virtuaalisen maailman (kuvassa oikealla) väliin jää yhdistetty todellisuus (engl. Mixed Reality, MR). Yhdistetty todellisuus koostuu sekä lisätystä todellisuudesta että lisätystä virtuaalisuudesta. Näistä kahdesta lisätty todellisuus muistuttaa enemmän todellista maailmaa ja lisätty virtuaalisuus taas tietokoneella tuotettua näkymää. Lisätyn todellisuuden ja virtuaalisuuden eroja käsitellään lisää kappaleessa 3.2.



Kuva 6. Eri virtuaalisten ympäristöjen riippuvaisuudet toisistaan (Milgram;Takemura;Utsumi;& Kishino, 1994, s. 2)

Virtuaalitodellisuus on alana kasvava. Yhdysvaltalainen markkinointi- ja analysointilaitos, International Data Corporation (IDC), ennusti vuonna 2018, että lisätyn ja virtuaalisen todellisuuden markkinat kasvavat moninkertaisiksi nykyisestä tasostaan vuoteen 2023 mennessä. Kasvua tukee esimerkiksi suomalaisen FIVR:n (Finnish Virtual Reality Association) vuonna 2017 julkaisema raportti. Julkaisussa todetaan, että vuoden 2016 jälkeen perustettujen yritysten osuus kaikista Suomen AR/VR-alan yrityksistä on noin 40 %. Noin 68 % alan toimijoista on kuitenkin alle 10 työntekijän yrityksiä, joista suurin osa on startup-yrityksiä. Näin ollen suomalainen AR/VR-ala koostuu vielä melko pienistä yrityksistä, mutta joukosta löytyy myös muutama yli 100 työntekijän organisaatio. (International Data Corporation, 2019) (FIVR, 2017)

3.1 Virtuaalinen todellisuus

Virtuaalinen todellisuus (engl. Virtual Reality, VR) on täysin tietokoneella tuotettua grafiikkaa, jota käyttäjä katselee virtuaalilasien välityksellä. Virtuaalilaseilla käyttäjä voi uppoutua täysin virtuaaliseen maailmaan ja tällöin näköyhteyttä todelliseen maailmaan ei ole. Aivan uusi valloitus virtuaalitodellisuus ei ole, sillä ensimmäiset virtuaalisen todellisuuden laitteet on kehitelty jo 1900-luvulla. Elä-

myselokuva Sensorama, jota pidetään ensimmäisenä virtuaalisen todellisuuden laitteena, mahdollistaa useamman aistin hyödyntämisen elokuvakokemuksen aikana. Morton L. Heilig suunnitteli Sensoraman jo vuonna 1957 sekä patentoi sen melko pian vuonna 1962. Heilig kuvasi itse kaikki elokuvat sensoraman esityksiä varten. Elämyselokuvan toimintoihin kuuluivat muun muassa tärisevä penkki, ilmapirtaus, stereoskooppinen näkö sekä erilaiset tuoksut. (Engadget, 2014) (USC School of Cinematic Arts)

Ensimmäiset virtuaalilasit kehitettiin vuonna 1968. Ivan Sutherland on eräs VR-alan pioneereista, ja hänen merkittävimpiä projektejaan on ollut niin sanottu Damokleen miekka. Damokleen miekaksi kutsuttiin VR-laseja, jotka olivat ripustettuna katosta käyttäjän silmien eteen, sillä niiden painoa olisi ollut mahdotonta kannatella käytön aikana. Tämän lisäksi Sutherlandia pidetään myös eräänä tietokonegrafiikan luoja. (Muropaketti, 2016)

Nykyään teknologian kehityttyä ja laitekokojen pienentyttyä huomattavasti, voidaan virtuaalitodellisuutta hyödyntää moneen tarkoitukseen. Kuluttajamarkkinoilla se on eniten käytetty viihdekäytössä, kuten peleissä ja elokuvissa. Tunnetuimpia tuotteita ovat Playstationin virtuaalilasit (PSVR), joita on myyty jo yli 5 miljoonaa kappaletta sekä HTC Vive ja Oculus Rift. (Playstation, 2020) (PC Magazine, 2020)

Koulutuksissa, tuotekehittelyssä ja lähes kaikessa suunnittelutyössä virtuaalisella todellisuudella on suuri potentiaali. Loviisan voimalaitoksessa on tehty virtuaalinen valvomosimulaattori koulutusta varten. Tämän hinnaksi arvioitiin noin kymmenesosa tavalliseen koulutussimulaattoriin verrattuna. Fyysisen simulaattorin korkea hinta perustuu pitkälti siihen, että valvomon on oltava täysin toimiva oikean valvomon kopio. VR-simulaattorissa on fyysiseen simulaattoriin verraten etuna myös jälkeensä tehtävät kustannustehokkaat ja nopeat virtuaaliset muutokset. (eSite, 2019)

3.2 Yhdistetty todellisuus

Yhdistetty todellisuus (engl. Mixed Reality, MR) kattaa kaikki ne tilanteet, joissa virtuaalista ja todellista maailmaa on yhdistetty samalle näytölle. Näin ollen yhdistettyyn todellisuuteen sisältyy sekä lisätty todellisuus että lisätty virtuaalisuus. Yhdistettyä todellisuutta on käytetty erilaisissa oppimisympäristöissä, koska niillä on todettu hyvä vaikutus opittavien asioiden muistamiseen ja tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi monilla erilaisilla sovelluksilla. Nämä sovellukset mahdollistavat reaaliaikaisen interaktiivisen kokemuksen ja siten voidaan lisätä oppilaan mielenkiintoa aiheeseen, mikä parantaa oppimista. (Milgram ym. 1994, s.2) (LEI Technology Canada, 2019)

3.2.1 Lisätty todellisuus

Kuten nimikin jo kertoo, lisätyssä todellisuudessa (engl. Augmented Reality, AR) yhdistetään tietokoneella tuotettua informaatiota todelliseen maailmaan lisäämällä sitä kameran kuvaamaan ympäristöön. Tämä informaatio voi olla esimerkiksi kuvia, tekstiä, videoita tai kuuloaistiin perustuvaa tietoa.

Lisättyä todellisuutta voidaan käyttää korostamaan jokaista viittä aistia, mutta yleisimmin sitä käytetään visuaalisiin aisteihin. (Kipper & Rampolla, 2013, s. 1)

Ronald T Azuma määrittelee tutkimuksessaan, että lisätty todellisuus:

1. yhdistää todellisen ja virtuaalisen maailman samalle näytölle,
2. on vuorovaikutteinen nykyhetken kanssa ja
3. esiintyy kolmiulotteisena.

(Azuma, 1997, s. 2)

Möhemmin Kipper ja Rampolla esittivät tarkemmat määritelmät lisätylle todellisuudelle alla kuvalla tavalla.

1. Digitaalista informaatiota heijastetaan fyysisen maailman näkymään.
2. Heijastettu informaatio on kohdistettu oikean maailman kanssa.
3. Näytetty informaatio on riippuvainen käyttäjän sijainnista.
4. Kokemus on vuorovaikutteista, eli käyttäjä voi muokata näkymäänsä haluamallaan tavalla.

(Kipper & Rampolla, 2013, s. 16)

Lisätty todellisuus voi siis yhdistää todelliseen maailmaan jotakin virtuaalisesti luotua. Käyttötarkoituksen mukaan tämä informaatio voi olla mitä tahansa. Lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää monenlaisessa työssä. Esimerkiksi työmaalla työnjohtaja voi seurata toteutunutta asennusta vertaamalla sitä suunnitelmien pohjalta luotuun tietomalliin tai varastotyöntekijä voi etsiessään tiettyä tuotetta suuresta varastosta seurata laitteella näkyvää nuolta löytääkseen oikeaan hyllyväliin ja kyseisen tuotteen luo. Luultavasti tunnetuin lisätyn todellisuuden esimerkki on kuitenkin viihdekäyttöön lanseerattu peli Pokémon GO. Pelissä pelaaja liikkuu oikeassa maailmassa keräten virtuaalisia hahmoja, eli Pokémoneja, puhelimensa sovelluksella. (DHL, 2014, s. 13)

3.2.2 Lisätty virtuaalisuus

Lisätty virtuaalisuus (engl. Augmented Virtuality, AV) muistuttaa hyvin paljon lisättyä todellisuutta. Molemmissa yhdistetään sekä todellisen että virtuaalisen maailman osia. Lisätty virtuaalisuus eroaa kuitenkin lisätystä todellisuudesta siten, että virtuaalisesti luotuun näkymään on lisätty esimerkiksi kuvia tai videokuvaa todellisesta maailmasta. (Milgram ym. 1994, s.4)

Erinomaisia käyttökohteita virtuaaliselle todellisuudelle ovat muun muassa koulutusympäristöt. Esimerkiksi suomalainen Varjo Technologies esitteli yhteistyössä Bohemia Interactive Simulations:n ja CM Labs:n kanssa I/ITSEC 2019 messuilla lentosimulaattorin, jossa helikopterin lentäjä ohjaa helikopteria fyysisessä ohjaamossa, joka on mallinnettu virtuaaliseen maailmaan. (Varjo Technologies Oy)

3.2.3 Laitteet ja triggerit

Laajennettua todellisuutta voidaan hyödyntää useilla laitteilla. Näistä tärkeimpiä ovat älypuhelimet sekä päässä pidettävät näytöt (Head Mounted Display, HMD). Viimevuosina älypuhelimien nopea kehittyminen on mahdollistanut lisätyn todellisuuden jalkauttamisen yleisille markkinoille. Päässä pidettävillä näytöillä saavutetaan kuitenkin lisätyn informaationkäytön kannalta paras hyöty, koska ne jättävät käyttäjän kädet vapaiksi. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi Microsoft HoloLens sekä Microsoftin ja Trimblen yhteistyönä valmistama Trimble XR10 (kuva 7). Trimble XR10 on suunniteltu suojakypärän lisävarusteeksi erityisesti rakennustyömaille sekä kunnossapito- ja kaivostöihin. (Trimble Inc)



Kuva 7. Trimble XR10 (Trimble Inc)

Useat yritykset valmistavat erilaisia päässä pidettäviä näyttöjä ja kilpailevat keskenään niiden myynnistä. Näiden älylasien käyttö perustuu siihen, että niillä voidaan heijastaa matalatehoisella laserilla tietoa silmän verkkokalvolle. Tällaista tietoa voivat olla esimerkiksi ajo- ja asennusohjeet sekä reseptit ja muut työsuunnitelmat. Päässä pidettäville näytöille löytyy käyttötarkoituksia erityisesti logistiikka- ja rakennusosalta, esimerkiksi varastojen ylläpitotöissä. Näyttöjä voidaan hyödyntää myös heijastamalla lisäinformaatiota esimerkiksi rakennuskohteesta tai logistiikassa paketin sijainnista. Kuvas-
sassa 8 on esitetty Google Glass -älylasit. (Google LLC)



Kuva 8. Google Glass Enterprise Edition 2 (Google LLC)

Lisättyä todellisuutta on kahdenlaista, markkereihin perustuvaa ja markkeritonta. Markkereihin perustuva lisätty todellisuus käyttää toiminnassaan kuvantunnistusta tunnistukseen laitteeseen tai sovellukseen ohjelmoituja kuvioita ja muotoja ympäristöstä. Sovelluksen tunnistama kuvio voi olla kuva tai merkki, kuten yrityksen tai sovelluksen logo tai esimerkiksi QR-koodi. Näitä kuvioita käytetään lisätyn todellisuuden referenssipisteinä ja ne määrittävät myös laitteen ja kameran sijaintia suhteessa kohteeseen. (The Franklin institute)

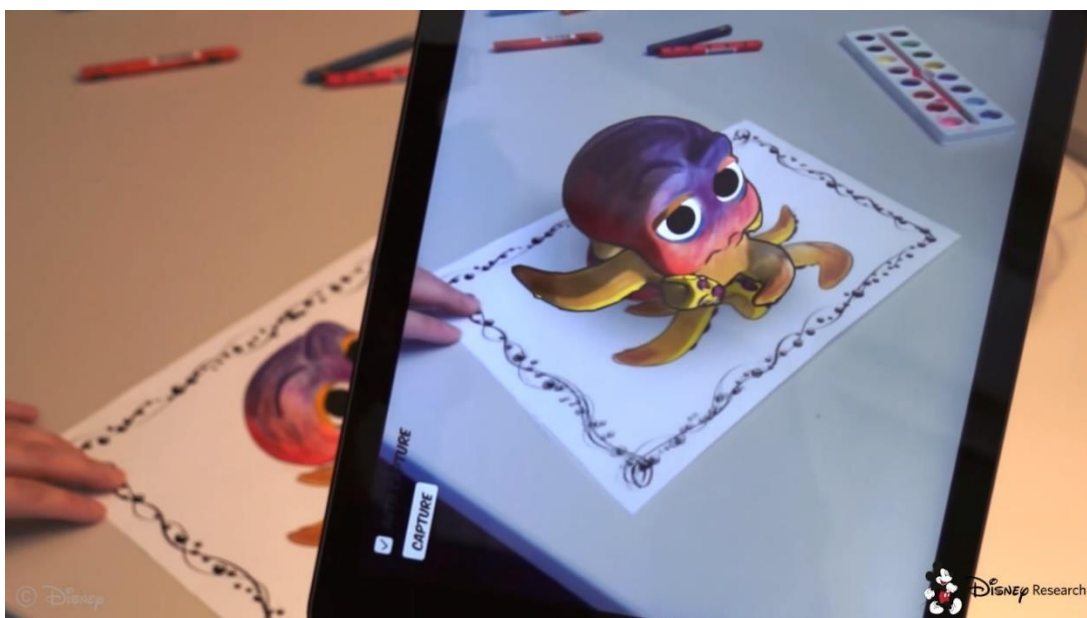
Markkerittomassa tunnistuksessa referenssipisteitä ei ole, eikä laitteeseen ole ohjelmoitu valmiita tunnisteita. Näin ollen laitteen täytyy tunnistaa tila tai näkymä samaan aikaan kameran kuvatessa näitä. Laitteen kuvatessa ympäristöä luodaan pohja, johon voidaan lisätä virtuaalisia kohteita. Eräs esimerkki käyttötarkoituksesta on tuotesijoittelu kohteeseen ennen tuotteen varsinaista ostamista. Tällaisesta sovelluksesta on useita esimerkkejä ja eräs niistä on IKEA Place -sovellus. Sovellus antaa mahdollisuuden sijoittaa virtuaalisia huonekaluja oikeassa mittakaavassa kohteeseen ennen ostopäätöksen tekoa ja tämä voi auttaa löytämään tilaan sopivimmat huonekalut. (Bardi & Moser, 2017) (IKEA, 2017)

3.3 Yhdistetyn todellisuuden yleiset hyödyntämismahdollisuudet

Kuten edellisissä kappaleissa käy ilmi, yhdistetylle ja virtuaaliselle todellisuudelle löytyy useita käyttökohteita tekniikan aloilla. Yhdistetystä ja virtuaalisesta todellisuudesta on nykyisin myös moneksi muuksi. Useat suomalaiset yritykset kehittelevät muun muassa virtuaalisia kierroksia museoihin sekä lisätyn todellisuuden kierroksia ja taideteoksia ympäri Suomea, esimerkiksi museoihin, taidegallerioihin ja julkisille paikoille. Hyvänä esimerkkinä toimii suomalaisen Art Cache Helsinki -taidetuotantoyhtiön tuottama teossarja. Taideteokset on julkaistu vuosina 2016–2018 ja oman panoksensa on antanut usea taiteilija. Kaikissa teoksissa on yhdistelty niin julkisia paikkoja, 3D-mallintamista kuin lisättyä todellisuuttakin. (Art Cache Helsinki)

Lontoossa Gatwickin lentokenttä julkaisi vuonna 2017 maailman ensimmäisen lentokenttänsisäisen lisätyn todellisuuden navigointisovelluksen. Lentokentälle kahteen terminaaliin asennettiin noin 2 000 lähetintä, jotka mahdollistavat navigoinnin sovelluksen avulla. Gatwickin AR-sovellus on saanut muun muassa vuoden mobiilisovelluksen tittelin ja voittanut vuoden mobiili-innovaatio-palkinnon. (Vrfocus, 2017)

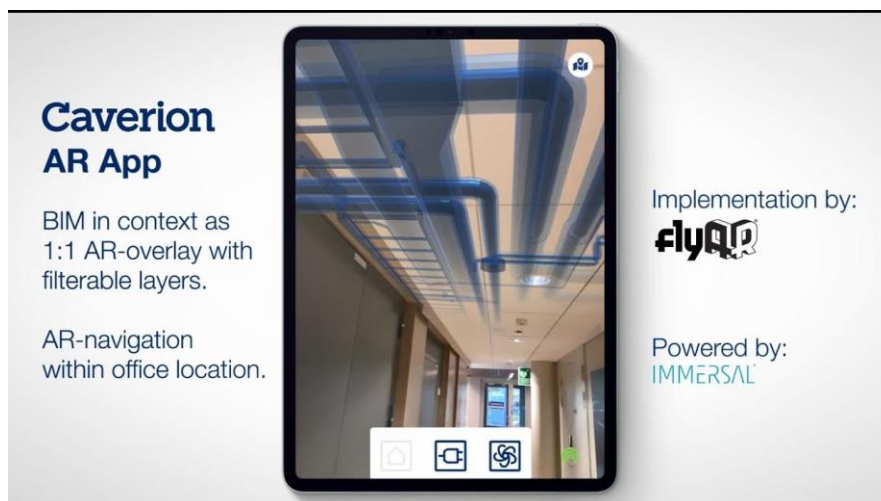
Lisätty todellisuus ei ole rajattu ainoastaan erilaisten yritysten käyttöön, vaan sitä voidaan hyödyntää myös koululaisten oppimiseen ja inspiroimiseen. Esimerkiksi 3D-värityskirjan avulla saadaan oma kädenjälki heräämään eloon puhelimen tai tabletin avulla (kuva 9). Sovellus luo väritettävästä hahmosta kolmiulotteisen mallin reaaliajassa. Kehittäjän teettämän kyselyn perusteella yli puolet testajista totesi sovelluksen lisäävän motivaatiota värittämiseen ja 75 prosenttia vastaajista suositteli sovellusta myös muille. (Livescience, 2015)



Kuva 9. Disneyn sovelluksella kuvattu väritetty mustekala (Livescience, 2015)

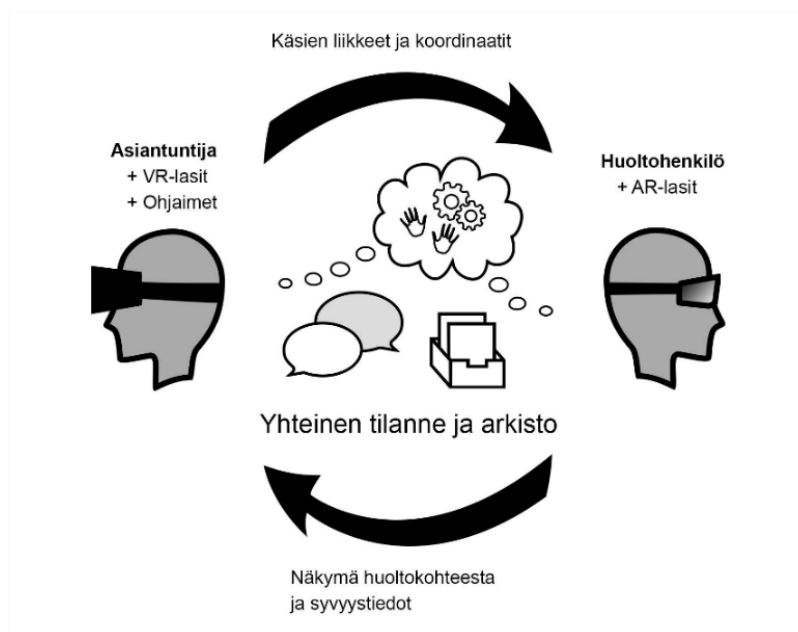
3.4 Yhdistetyn todellisuuden tämänhetkiset tekniset ratkaisut

Caverion on useassa maassa toimiva sekä teollisuuden että kiinteistöjen parissa työskentelevä organisaatio. Sen toimintaan kuuluu lähes kaikki LVIAS-järjestelmiin liittyvät suunnittelu-, toteutus- ja kunnossapitotyöt. Caverion on luonut flyAR® Augmented Reality Studio Oy:n ja Immersal Ltd:n kanssa lisätyn todellisuuden sovelluksen, jossa yhdistetään rakennuksesta luotu tietomalli (BIM) oikeaan ympäristöön. Rakennuksessa kulkiessa puhelimen tai tabletin näytöllä näkyy kameran kuvaama ympäristö ja sen lisäksi sovelluksen lisäämät virtuaalisesti luodut vastineet laitteistoista, kuten esimerkiksi putkistot ja kaapelihyllyt (kuva 10). Sovelluksen avulla on mahdollista opastaa huollettavan kohteen luokse ja antaa tästä tarvittavaa lisätietoa erilaisten kuvien ja tekstien avulla. (Caverion Oy) (flyAR® Augmented Reality Studio Oy)



Kuva 10. Caverion BIM AR App (flyAR® Augmented Reality Studio Oy)

Eräs toinen tapa hyödyntää lisättyä todellisuutta on tuoda toinen osapuoli mukaan työtehtäviin reaaliaikaisesti etäyhteyden avulla. Tähän liittyen ympäristöministeriön kiinteistö- ja rakennusalan digitalisaatiota eteenpäin vievä KIRA-digi selvitti vuonna 2018, miten virtuaalilaseja ja lisätyn todellisuuden laseja voitaisiin hyödyntää huoltotoissa. Hankkeen tavoitteena oli tutkia, voidaanko huoltotyöntekijän varmuutta lisätä asiantuntijan etäyhteyden avulla. Testissä huoltokohteessa olevalla henkilöllä oli puettuna AR-lasit, jotka lähettivät reaaliaikaista videokuvaa ja ääntä VR-laseja ja virtuaalihanskoja käyttävälle asiantuntijalle. Kyseinen toiminto on havainnollistettu kuvassa 11. Teknologialla mahdollistetaan siis se, että asiantuntijalla ja huoltokohteessa olevalla henkilöllä on täysin sama näkymä. Huoltokohteessa olevan henkilön AR-laseihin heijastetaan asiantuntijan virtuaalihanskojen sijainti niin kuin asiantuntija ne VR-laseillaan näkee, jolloin tämä pystyy avustamaan huoltohenkilöä tekemällä huoltotoimenpiteen virtuaalisesti. Hankkeen aikana todettiin, että kyseisille toimintamalleille löytyy kysyntää erityisesti huollon ja kunnossapidon alalta. Lisäksi selkeänä etuna on myös se, että virtuaalinen opastus voidaan tallentaa ja tätä voidaan myöhemmin käyttää koulutuksessa tai samankaltaisessa huoltotilanteessa apuna. (KIRA-digi)



Kuva 11. Asiantuntijan etäavun toimintaperiaate (KIRA-digi)

4 LISÄTTY TODELLISUUS KIIINTEISTÖN KÄYTÖSSÄ, HUOLLOSSA JA KUNNOSSAPIDOSSA

4.1 Kiinteistön kunnon ja sen käytön seuranta olosuhteiden perusteella

Kiinteistön olosuhteita seurataan erilaisten antureiden avulla. Yleisimpiä mittaustantureita ovat ilman-kosteusmittari, paine-erolähetin, lämpötilamittarit sekä eri partikkeleiden mittaukseen tarkoitettut mittarit. Sisäilmasta mitattavia partikkeleita ovat erityisesti hiilidioksidi sekä erilaiset haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC, Volatile Organic Compound), joita kulkeutuu sisäilmaan esimerkiksi hajusteista, puhdistusaineista sekä liikenteen ja tehtaiden aiheuttamista päästöistä. Mitattujen olosuhteiden tarkkuus on merkittävä tekijä kiinteistöjen energiatehokkuuden näkökulmasta, koska kaikki automaatio perustuu kiinteistöistä saataviin mittaustietoihin. Terveyshaittojen välttämiseksi kiinteistöjen VOC-mittaukset ovat tärkeitä, koska tutkimusten perusteella tietyt orgaaniset yhdisteet voivat suurina määrinä altistaa syövälle. Näitä yhdisteitä ovat esimerkiksi formaldehydi ja bentseeni. (Sisäilmayhdistys ry, 2008)

Rakennuksen automaatiojärjestelmän keskeiset tavoitteet ovat siis:

- toteuttaa kiinteistön prosessien säädöt ja ohjaukset suunnitelmien mukaisesti,
- valvoa taloteknisiä toimintoja hälytyksin ja mittauksin sekä
- auttaa toiminnallista ja energiatehokasta ylläpitoa kulutus-, energiatehokkuus-, olosuhte- ja tilastomateriaalia hyödyntämällä.

(Sähkötieto ry, 2018)

Kiinteistön alakeskuksiin kerätään kaikista kiinteistön antureista saatava mittaustiedot, jonka arvoja verrataan kiinteistön automaatiojärjestelmiin ja käyttäjän asettamiin tavoitteisiin. Tämän jälkeen kiinteistön alakeskukset ohjaavat toimilaitteita, jotta voitaisiin saavuttaa tavoitearvot. Kiinteistössä voi olla suurten kokonaisuuksien lisäksi myös itsenäisiä huonesäätimiä, joilla säädetään esimerkiksi vain halutun huoneen lämpötilaa. Näillä huonesäätimillä voidaan ohjata esimerkiksi lattialämmitystä tai ilmalämpöpumppua. (Sähkötieto ry, 2018)

Lisätyn todellisuuden sovelluksen hyödyntämisen mahdollisuudet huipentuvat käyttämällä automaatiolaitteista saatua mittaustiedot, koska kiinteistön laitteistosta tehtyyn tietomalliin voidaan yhdistää laitteista saatua informaatiota. Tätä tekniikkaa voidaan hyödyntää esimerkiksi ennakoivan ja reaktiivisen huollon välisen suhteen tasapainottamisessa tai hankalassa paikassa olevia laitteita huollettaessa. Käytännön näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että laitteen anturit lähettävät mitattun tiedon automaatiojärjestelmän alakeskukselle. Täältä laitteen tiedot jaetaan verkon välityksellä huoltohenkilölle tai kiinteistön käyttäjälle lisätyn todellisuuden sovelluksen avulla. Laitteen näytöllä voi näkyä mallinnetun laitteen lisäksi esimerkiksi maininta sen käyttötunneista tai arvioitu käyttötuntien määrä seuraavaan huoltoon.

4.2 Lisätyn todellisuuden sovellus

Lisätyn todellisuuden avulla voidaan luoda sovellus, jossa yhdistetään reaaliaikainen video ja kuvaan lisätty tietokannasta tuotu laitetieto tai rakennuksesta luotu kolmiulotteinen tietomalli. Laitetietojen ja tietomallien hyödyntäminen sovelluksella vaatii sekä laitteen sijainnin että kameran suunnan määrittämisen. Laitteen sijainti voidaan määritellä joko GPS-yhteyden tai tilan tunnistuksen avulla. Virtuaalisten objektien ja videon kohdistamiseen näytölle voidaan käyttää joko tilan tunnistusta tai fyysistä markkeria. Tilan tunnistus voidaan toteuttaa erilaisilla sovelluksilla, joilla skannataan rakennuksen kaikki tilat. Sovellus luo skannauksen perusteella tilasta virtuaalisen kopion (engl. digital twin). Nämä skannaukset ladataan joko fyysisesti laitteelle offline-käyttöä varten tai virtuaalisesti palvelimelle. Esimerkiksi kuvatessa ympäristöä huolto-sovelluksella, verrataan kameran kuvaa palvelimella olevaan malliin. Kun sovellus havaitsee yhtäläisyyden, ilmestyy näytölle halutut lisätyn todellisuuden objektit. (Immersal)

Yksinkertaisempi tapa sijainnin määrittämiselle on tulostaa huoneelle yksilöllinen QR-koodi. Koska koodin sijainti huoneessa tiedetään, voidaan päätellä myös kohta, josta henkilö lukee koodin. Tämän tiedon perusteella virtuaaliset objektit voidaan kohdistaa kyseiseen tilaan. Fyysisten laitteiden ja kameran kohdistamisen jälkeen voidaan näytölle lisätä laitteista erilaisia tietolaatikoita. Kyseinen toiminta on havainnollistettu kuvassa 12. Kuvassa näkyvät tietolaatikat voivat sisältää huollon tai käyttäjän kannalta merkittäviä asioita, joita ovat esimerkiksi laitteen käyttöikä, lampputyyppi, teho, sekä muut vastaavat sähkötekniset tai huoltoon vaikuttavat tiedot, kuten osaluettelot ja huolto-ohjeet.



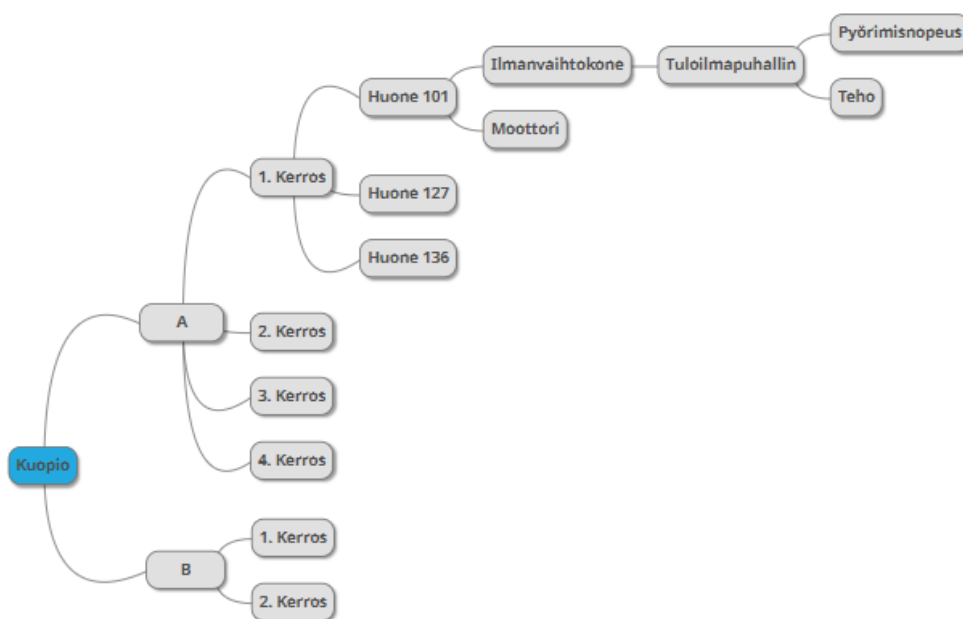
Kuva 12. Esimerkkikuva sovelluksesta (Mäkinen, 2020)

Laitteen yksilöintiin ja paikannukseen voidaan käyttää tuotetietojen taulukointia. Taulukoinnissa huollettavan kiinteistön tiedot jaetaan pienempiin lohkoihin, esimerkiksi kuvan 13 mukaisesti. Lohkojen määrät ja tyypit on suunniteltava huollettavan kohteen tarpeiden mukaisesti. Esimerkiksi kansainvälisesti eri maissa toimivan yrityksen eri kiinteistöjen tietoihin on lisättävä kaupunkilohkoa ennen myös maatunnus ja ainoastaan yhdellä paikkakunnalla toimiva yritys voi jättää maatunnuksen kokonaan pois.



Kuva 13. Huollettavan laitteen tiedot (Mäkinen, 2020)

Taulukoinnin tavoitteena on luoda useita niin sanottuja tauluja, joissa on koottuna rakennuksen sähkölaitteistoon liittyviä tietoja yhteen tietokantaan. Tähän tietokantaan lisätään kaikki kiinteistön sähkölaitteet, niiden tuotetiedot sekä tekniset arvot ja laitteen sijainti. Kuvassa 14 on esitetty esimerkkikaavio, miten rakennuksen laitteiden tiedot voidaan järjestellä tietokantaan.



Kuva 14. Esimerkkikaavio tietokannasta (Mäkinen, 2020)

5 YHTEENVETO

Lisätyn todellisuuden laitteet ovat vielä kehitysvaiheessa, mutta tulevaisuudessa ne tulevat olemaan tärkeä osa yhteiskuntaa. Erityisesti tekniikan alalla on jo nyt useita käyttötarpeita lisätyn todellisuuden sovelluksille. Tuotekehitys on vasta aluillaan ja uusia lisätyn todellisuuden sovelluksia ja laitteita suunnittelevia yrityksiä perustetaan enemmän kuin koskaan ja sen vuoksi kilpailu sen kuin kiristyy markkinoilla. Osaavien työtiimien puute rajoittaa kuitenkin osaltaan toimivien sovellusten kehittämistä ja jo olemassa olevien laitteiden omaksumista osaksi laajempaa käyttöä.

Lisätyn todellisuuden laitevalmistajien vähäisyyden ja AR-tekniikan uutuuden vuoksi laitteiden hinnat ovat vielä korkeat. Tämä taas vähentää yritysten halukkuutta investoida uusiin sovelluksiin pitkän tai epävarman takaisinmaksuajan vuoksi. Nykyisen tilanteen valossa näyttää kuitenkin siltä, että muutamman vuoden kuluttua markkinoilta löytyy jo useampien valmistajien laitteita ja tämä tulee laskemaan tuotteiden hintaa lisäten samalla erilaisten sovellusten kannattavuutta.

Lisätyn todellisuuden mahdollisuudet ovat lähestulkoon rajattomat. Esimerkiksi tekniikan aloilla sen hyödyt käytännön työskentelyyn voivat saavuttaa aivan uudenlaisen tason tuoden töissä tarvittavan informaation helpommin saataville. Mahdollisuuksista huolimatta myös muutosvastaisuutta on havaittavissa, sillä useat yritykset eivät ole valmiita korvaamaan tuttuja toimintatapojaan uusilla innovatiivisilla sovelluksilla.

Opinnäytetyön aikana heräsi jatkokehitystarpeita erityisesti huolto-sovelluksen suhteen. Neuvottelujen pitkittyminen ja sen vuoksi sopivan kumppanin puuttuminen keskeytti sovelluksen käytännön suunnittelun ja tämän vuoksi huolto-sovellus jäi vain ajatuksen tasolle.

Kuten arvata saattaa, opinnäytetyöni opetti minulle huimasti käsittelemistäni aiheista, kuten lisätystä todellisuudesta, kiinteistöhuollosta sekä kiinteistöjen eri järjestelmistä. Sisällön lisäksi opin erityisesti tiedonhausta ja siitä, miten tärkeää yhteistyö ja palautteen saanti on työskentelylleni. Prosessi kehitti minua kirjoittajana ja antoi itseluottamusta aloittaa työurani sähkötekniikan ammattilaisena.

6 LÄHDELUETTELO

- ABB Oy. (ei pvm). *ACS600 AC-käyttö ja ennakkohuolto*. Haettu 13. 05. 2020 osoitteesta https://library.e.abb.com/public/d18f81b3da922a6dc1257e0a003213bc/SP15_FI_ACS600_PM_%20RevF.pdf?x-sign=yxWUZUS6ge5BwMAzPdmMYJ7oPSYqVrPKf9PmbiHErUUIOVUR2KG8CFBgCud3pBxO
- Arrow Engineering Oy. (14. 09. 2017). *Ennakoivan kunnossapidon merkitys teollisuudessa*. Haettu 01. 05. 2020 osoitteesta <https://blogi.arroweng.fi/ennakoivan-kunnossapidon-merkitys-teollisuudessa>
- Arrow Engineering Oy. (02. 09. 2018). *Mitä on ennakoiva kunnossapito?* Haettu 01. 05. 2020 osoitteesta <https://blog.section.fi/spotilla/mita-on-ennakoiva-kunnossapito>
- Art Cache Helsinki. (ei pvm). Haettu 17. 04. 2020 osoitteesta <http://artcache.fi/wp/>
- Azuma, R. T. (1997). *A Survey of Augmented Reality*. Teleoperators and Virtual Environments. Haettu 08. 01. 2020 osoitteesta <https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
- Bardi, J.; & Moser, K. (17. 02. 2017). Markerless AR: Q&A with Ken Moser, PhD – Part 1. (J. Bardi, Toim.) Haettu 27. 02. 2020 osoitteesta marxentlabs.com/markerless-augmented-reality-marxent-part-1/
- Caverion Oy. (30. 10. 2018). *Miten ennakoivalla kunnossapidolla voi vaikuttaa kiinteistön arvon kehittymiseen?* Haettu 29. 04. 2020 osoitteesta <https://www.caverion.fi/blogi/blogi-details/finland-blog/2018/10/30/miten-ennakoivalla-kunnossapidolla-voi-vaikuttaa-kiinteiston-arvon-kehittymiseen>
- Caverion Oy. (ei pvm). *Automaattoratkaisut kiinteistöihin, teollisuudelle ja liikenteeseen*. Haettu 10. 05. 2020 osoitteesta <https://www.caverion.fi/jarjestelmat-ja-tuotteet/automaatio>
- Caverion Oy. (ei pvm). *Kiinteistöjen ja teollisuuden palvelut*. Haettu 27. 04. 2020 osoitteesta <https://www.caverion.fi/palvelut>
- Danforss A/S. (ei pvm). *Mikä on taajuusmuuttaja?* Haettu 13. 05. 2020 osoitteesta <https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>
- DHL . (2014). Customer Solutions & Innovation. *Augmented reality in logistics*. Troisdorf, Saksa. Haettu 13. 02. 2020
- Engadget. (16. 02. 2014). *The sights and scents of the Sensorama Simulator*. Haettu 12. 02. 2020 osoitteesta <https://www.engadget.com/2014/02/16/morton-heiligs-sensorama-simulator/>
- eSite. (11. 2019). *Loviisa goes virtual*. Haettu 20. 03. 2020 osoitteesta <https://esitevr.com/loviisa-goes-virtual/>
- FIVR. (2017). VR/AR Industry in Finland 2017. 7-10. Helsinki. Haettu 17. 01. 2020 osoitteesta <https://fivr.fi/survey2017/>
- flyAR® Augmented Reality Studio Oy. (ei pvm). *Caverion BIM AR app*. Haettu 27. 04. 2020 osoitteesta <https://flyar.fi/project/caverion-bim-ar-app>
- FläktGroup. (ei pvm). *Pyörivä lämmönsiirrin, Asennus- ja Huolto-ohje*. Haettu 13. 05. 2020 osoitteesta <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=1d9675d5-0bad-43fb-9194-f1a19678ae5c>
- FläktWoods. (ei pvm). *Käyttöohje, Ilmaverhot*. Haettu 13. 05. 2020 osoitteesta <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=faf317ff-ab7f-4e48-976c-ef5adaabc845>
- Google LLC. (ei pvm). Google Glass Enterprise edition 2. Haettu 16. 04. 2020 osoitteesta <https://www.google.com/glass/start/>
- Hengitysliitto ry. (ei pvm). *Ilmanvaihto*. Haettu 21. 04. 2020 osoitteesta <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto>
- Hengitysliitto ry. (ei pvm). Suodatinluokat ja niiden tunnuksset. Haettu 21. 04. 2020 osoitteesta https://www.hengitysliitto.fi/sites/default/files/liitetiedostot/suodatinluokat_tunnukset.pdf

- IKEA. (11. 10. 2017). IKEA Place -sovellus. IKEA. Haettu 27. 02. 2020 osoitteesta
<https://www.ikea.com/fi/fi/news/ikea-place-sovellus-pub74be1e00>
- Immersal. *Digital and reality AR ready to merge*. Haettu 23. 04. 2020 osoitteesta Technology:
<https://immersal.com/technology/>
- International Data Corporation. (2019). *Augmented Reality and Virtual Reality Headsets Poised for Significant Growth, According to IDC*. Framingham: International Data Corporation. Haettu 07. 02. 2020 osoitteesta
<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44966319>
- Kipper, G.;& Rampolla, J. (2013). *Augmented reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. Waltham: Elsevier, Inc. Haettu 27. 02. 2020
- KIRA-digi. *Asiantuntija tulee avuksi VR- ja AR-lasien avulla*. Haettu 27. 04. 2020 osoitteesta
<http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/asiantuntija-tulee-avuksi-vr-ja-ar-lasien-avulla.html>
- KIRA-digi. *Etäneuvontaa VR- ja AR-laseilla*. Haettu 27. 04. 2020 osoitteesta
<http://www.kiradigi.fi/ajankohtaista/virtuaalitodellisuus-tuo-konkarit-aloittelijoiden-avuksi-huoltotoissa.html>
- LEI Technology Canada. (19. 11. 2019). *Top Mixed Reality Applications Today*. Haettu 21. 04. 2020 osoitteesta
<https://www.lanner-america.com/blog/top-mixed-reality-applications-today/>
- Livescience. (13. 10. 2015). 3D Coloring books. *Stories Leap Into 3D with 'Augmented Reality' Coloring Books*. Haettu 2020 osoitteesta <https://www.livescience.com/52462-augmented-reality-coloring-book.html>
- Milgram, P.;Takemura, H.;Utsumi, A.;& Kishino, F. (1994). *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum*. Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. Telemanipulator and Telepresence Technologies. Haettu 09. 01. 2020
- Muropaketti. (11. 04. 2016). *Virtuaalitodellisuus tulee taas: Katsaus VR-laitteiden hulluun historiaan*. Haettu 13. 05. 2020 osoitteesta <https://muropaketti.com/tietotekniikka/virtuaalitodellisuus-tulee-taas-katsaus-vr-laitteiden-hulluun-historiaan/>
- Mäkinen. (2020). Kuopio.
- Nilan Suomi Oy. *Ainutkertainen kaksinkertainen lämmöntalteenotto*. Haettu 21. 04. 2020 osoitteesta
<https://www.nilan.fi/miksi-nilan/2x-lto/>
- PC Magazine. (18. 02. 2020). *The Best VR Headsets for 2020*. Haettu 27. 03. 2020 osoitteesta
<https://uk.pcmag.com/virtual-reality/75926/the-best-vr-headsets>
- Playstation. (07. 01 2020). *Sony Interactive Entertainment 1/7/2020*. Haettu 20. 03. 2020 osoitteesta
<https://www.sie.com/en/corporate/release/2020/200107.html>
- Seroco Oy. *Kiertoilmalämmittimet SERO GARAGE*. Haettu 13. 05. 2020 osoitteesta
https://www.seroco.fi/files/pdf/1516020195_mpn-nevada-w-e-2015-fi-garage.xlsx.pdf
- Sisäilmayhdistys ry. (2008). *Kemialliset epäpuhtaudet*. Haettu 12. 05. 2020 osoitteesta
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuhtaudet>
- Suomen Kiinteistölehti. (16. 06. 2017). *Vaihda ilmanvaihdon suodattimet siitepölykauden jälkeen*. Haettu 21. 04. 2020 osoitteesta <https://www.kiinteistolehti.fi/vaihda-ilmanvaihdon-suodattimet-siitepolykauden-jalkeen/>
- Systemair. *Kanavapuhallinprio315-400AC/EC Käyttö- ja huolto-ohjeet*. Haettu 13. 05. 2020 osoitteesta
<https://docplayer.fi/106037196-Kanavapuhallin-kaytto-ja-huolto-ohjeet-englannin-kielesta-kaannetty-asiakirja-a002.html>
- Sähkö- Ja Teleurakoitsijaliitto ry. (09 2017). D1-2017. *Käsikirja rakennusten sähköasennuksista*. Haettu 02. 04. 2020

- Sähköala.fi. (10. 03. 2009). *Hyvää sisäilmaa energiaa säästäen*. Haettu 21. 04. 2020 osoitteesta
https://www.sahkoala.fi/koti/lampopumput_ja_ilmanvaihto/fi_FI/ilmanvaihto_1/
- Sähkötieto ry. (15. 09. 2002). *ST 96.02 Hoito- ja kunnossapito-ohjelman laadinta*. Haettu 26. 03. 2020
- Sähkötieto ry. (15. 06. 2003). *ST 96.35 Valaistushuolto. Valaistushuolto*. Espoo. Haettu 28. 03. 2020
- Sähkötieto ry. (15. 02. 2006). *ST 96.03.03 Hoidon ja kunnossapidon toimenpidejaksot. H3 Laitteistojen sähköistys*.
 Haettu 27. 03. 2020
- Sähkötieto ry. (2006). *ST-ohjeisto 10. Sähköisen talotekniikan ylläpito-ohjeet*. Haettu 22. 04. 2020
- Sähkötieto ry. (15. 05. 2012). *ST 98.56 Murtoilmaisujärjestelmät Käyttö, ylläpito ja huolto*. Haettu 12. 05. 2020
- Sähkötieto ry. (15. 05. 2013). *ST 53.12 Vikavirtasuojat*. Haettu 28. 03. 2020
- Sähkötieto ry. (09. 2015). *ST 97.01 Asuinhuoneiston ja -rakennuksen sähköasennusten kunnossapitopöytäkirja. Liite*. Haettu 28. 03. 2020
- Sähkötieto ry. (19. 12. 2016). *ST 25.10 Sähköinen varustetaso*. Haettu 12. 05. 2020
- Sähkötieto ry. (16. 05. 2016). *ST 96.30 Akkujen hoito ja kunnossapito*. Haettu 22. 04. 2020
- Sähkötieto ry. (02. 09. 2016). *ST 98.52 Yleiskaapelointijärjestelmät. Käyttö, ylläpito ja huolto*. Espoo. Haettu 29. 03. 2020
- Sähkötieto ry. (15. 02. 2016). *ST 98.57 Kameravalvontajärjestelmät. Käyttö, ylläpito ja huolto*. Haettu 12. 05. 2020
- Sähkötieto ry. (15. 02. 2016). *ST 98.58 Kulunvalvonta- ja työajanseurantajärjestelmät*. Haettu 12. 05. 2020
- Sähkötieto ry. (24. 03. 2017). *ST 98.61 Rakennusautomaatiojärjestelmät. käyttö, ylläpito ja huolto*. Haettu 11. 05. 2020
- Sähkötieto ry. (2018). *ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät*. Espoo: Sähkötieto ry. Haettu 12. 05. 2020
- Sähkötieto ry. (2019). *ST-Käsikirja 31, Varavaimakoneet ja -laitokset*. Haettu 22. 16. 2020
- Sähkötieto ry. (15. 04. 2020). *ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen*. Haettu 25. 04. 2020
- Sähkötieto ry. (2020). *ST-Käsikirja 10. Paloilmooitinjärjestelmät*. Haettu 12. 05. 2020
- Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. (16. 01. 2016). *Sähköturvallisuuslaki*. Helsinki. Haettu 04. 03. 2020 osoitteesta
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>
- The Franklin institute. *The science of augmented reality*. Haettu 16. 01. 2020 osoitteesta
<https://www.fi.edu/science-of-augmented-reality>
- Traficom. (11. 11. 2019). *Liikenne- ja viestintävirasto 65 D/2019 M*. Helsinki. Haettu 02. 04. 2020
- Traficom. (2019). *Suojaamattomia automaatiojärjestelmiä suomalaisissa verkoissa 2019*. Haettu 05. 11. 2020 osoitteesta
https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/sites/default/files/media/file/Suojaamattomia_automatioj%C3%A4_rjestelmi%C3%A4_suomalaisissa_verkoissa_2019.pdf
- Trimble Inc. Mixed Reality. *Trimble XR10 with HoloLens 2*. Haettu 16. 04. 2020 osoitteesta
<https://mixedreality.trimble.com/>
- Turku Energia Sähköverkot Oy. *KytKentäkaaviot*. Haettu 25. 04. 2020 osoitteesta
<https://www.turkuenergia.fi/sahkoverkko/sahkoliittyma-ja-sahkon-mittaus/ohjeet-sahkoammattilaisille/kytkentakaaviot/>
- USC School of Cinematic Arts. *Morton Heilig: Inventor VR*. Haettu 12. 02. 2020 osoitteesta
<http://uschefnerarchive.com/morton-heilig-inventor-vr/>
- Vallox Oy. *Automatisoitu ilmanvaihto*. Haettu 26. 04. 2020 osoitteesta
https://www.vallox.com/tietoa_ilmanvaihdesta/automatisoitu_ilmanvaihto.html

- Varjo Technologies Oy. *Experience the most advanced VR/XR devices for training*. Haettu 14. 02. 2020 osoitteesta <https://varjo.com/events/varjo-at-i-itsec-2019/>
- Vrfocus. (25. 05. 2017). *Gatwick Uses AR To Help Passengers Navigate The Airport*. Haettu 17. 04. 2020 osoitteesta <https://www.vrfocus.com/2017/05/gatwick-uses-ar-to-help-passengers-navigate-the-airport/>
- Ympäristöministeriö. (01. 01. 2000). Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Haettu 27. 02. 2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17P117i>
- Ympäristöministeriö. (2008). *Pientalon huoltokirja*. Haettu 21. 04. 2020 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/pientalot/Suunnitelmallinen_talonpito/Pientalon_huoltokirja
- Ympäristöministeriö. (24. 08. 2016). Kiinteistön ylläpito ja korjaaminen. Haettu 03. 03. 2020 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Kiinteiston_yllapito_ja_korjaaminen